Phys.
97c

Lehrbuch

der

Reibungselektricität

(Friktionselektricität, statischen oder ruhenden Elektricität)

erläutert durch

860 Erklärungen, 273 in den Text gedruckte Figuren

nebst einer

Sammlung von gelösten und ungelösten Aufgaben.

Zum

Gebrauch an niederen und höheren Schulen, sowie zum rationellen Selbststudium

bearbeitet

nach eigenem System

von

Dr. A. Kleyer

Ingenieur und Lehrer, vereideter königl. preuss. Feldmesser, vereideter grossh. hess. Geometer I. Klasse in Frankfurt a. M.

Stuttgart.

Verlag von Julius Maier.

1886.

BIBLIOTHECA BAMBERGENSIS

Druck von Carl Hammer in Stuttgart.

Vorwort.

In dem Vorwort zu meinem Lehrbuch des Magnetismus und des Erdmagnetismus erwähnte ich bereits, dass eine systematische Bearbeitung von Lehrbüchern über die Elektricitätslehren sehr schwer ist, indem die Gesetze, aus welchen diese Lehren bestehen, teils durch Experimente, welche keine logische Anordnung zulassen und oft in gar keinem Zusammenhang stehen, teils durch die Annahme von Hypothesen begründet werden, und dass dies wohl der Grund sein mag, warum die diesbezügliche Litteratur zwar reich an allen möglichen, mehr oder weniger wertvollen wissenschaftlichen Abhandlungen, aber sehr arm an wirklichen Lehrbüchern ist.

Dieser in das Lehrfach und in die betreffenden technischen Fächer tief einschneidende Uebelstand veranlasste mich, den Teilen meiner math.-techn.-naturwissenschaftlichen Encyklopädie, welche speziell die Naturwissenschaften enthalten, die Teile, welche über die Elektricitätslehren handeln, voranzustellen und zur steten Vervollständigung dieser Teile zu schreiten.

In betreff des Inhalts meiner Lehrbücher über die Elektricitätslehren mache ich durchaus keinen Anspruch auf irgend welche Originalität, indem derselbe den besten Erzeugnissen der einschläglichen Litteratur entnommen ist; wohl aber mache ich Anspruch auf die Originalität des Systems, welches ich meinen Lehrbüchern zu Grunde gelegt habe. Dieses System beruht darauf, das ziemlich umfangreiche Material, welches schon heute über die Elektricitätslehren besteht und in stetem Wachsen begriffen ist, dem Studierenden, unter Annahme der geringsten Vorkenntnisse, in einer Weise vorzuführen, dass er in möglichst kürzester Zeit einen Ueberblick über die bis jetzt bestehenden Lehren erhält, dass er den Zusammenhang der einzelnen Lehren, soweit als ein solcher vorhanden ist, verstehen lernt und dass er sich schliesslich, dem gegenwärtigen Zeitgeist entsprechend, als selbständiger Mitarbeiter in den so bedeutungsvollen elektrotechnischen Zweigen heranbilden und dann mitwirken kann, um die vielen in der Elektrotechnik noch zu lösenden Aufgaben ihren endgültigen Lösungen näherzuführen.

Das vorliegende Lehrbuch der Reibungselektricität zerlegte ich in zwei Teile. Der erste dieser Teile, populärer Teil genannt, enthält, wie aus dem nachfolgenden Inhaltsverzeichnis ersichtlich ist, um dessen gütige Durchsicht ich

bitte, die im Laufe von Jahrhunderten durch Experimente festgestellten Gesetze über die Lehren von der Reibungselektricität, und zwar in möglichst scharfer Zergliederung; das Studium dieses Teils wird wohl niemand besondere Schwierigkeiten bieten. Der zweite jener Teile, mathematischer Teil genannt, enthält die wichtigsten Gesetze aus der Reibungselektricität, welche sich in mathematische Form kleiden lassen, und solche Gesetze, welche sowohl experimentell als auch durch Rechnung auf ihre Richtigkeit geprüft werden konnten. In diesem Teil habe ich die Anwendung der höheren Mathematik und solche Definitionen, die auf höherem mathematischen Kalkul basieren, vermieden; diesbezügliche Ergänzungen habe ich für diejenigen Studierenden, welche sich mit dem mathematischen Teil spezieller beschäftigen möchten, in meinem Lehrbuch der Potentialtheorie und deren Anwendung auf den Magnetismus und die Elektricität, und in meinem Lehrbuch der in der Mechanik und Elektrotechnik gebräuchlichen Masse aufgenommen. Dem zweiten Teil ist eine Sammlung vollständig gelöster und analoger ungelöster Aufgaben aus der Reibungselektricität beigegeben.

Bemerken möchte ich noch, dass Lehren, welche der Studierende vielleicht in diesem Buche finden zu müssen glaubte, an geeigneter Stelle in anderen meiner Lehrbücher über die Elektricitätslehren zu finden sind, und dass neue Lehren, Beschreibungen von Apparaten etc., welche auf die Reibungselektricität Bezug haben, von Zeit zu Zeit als Anhänge des vorliegenden Buches mit entsprechenden Hinweisen auf bezügliche Stellen dieses Buches erscheinen und dass somit vorliegendes Lehrbuch der Reibungselektricität stets auf der Höhe der Zeit steht. — Damit letzteres auch in seiner ganzen Vollkommenheit erreicht werden kann, bitte ich sowohl die gelehrten als auch die technischen Berufsgenossen, welche sich meiner Lehrbücher bedienen, etwaige Berichtigungen, Neuerungen an und Erfindungen von Apparaten etc. etc. mir gefälligst mitteilen zu wollen; hierdurch wird nicht allein die Wissenschaft gefördert, sondern es wird zugleich auch dem strebsamen und denkenden Menschen ein dauerndes Denkmal seines Schaffens gesetzt.

Frankfurt a. M., im Januar 1886.

Dr. A. Kleyer.

Inhaltsverzeichnis.

I. Teil.
(Populärer Teil.)

Seite

1). Ueber den Begriff der Elektricität im allgemeinen. — Reibungselektricität . . 1—7
2). Ueber das Elektrisieren durch Mitteilung. — Gute Leiter und schlechte Leiter. — Isolatoren 7—17
3). Ueber die beiden entgegengesetzten elektrischen Zustände und die beiden entgegengesetzten Elektricitäten (Allgemeine Gesetze der elektrischen Anziehung und Abstossung) 18—32
4). Ueber das Wesen der Elektricität (Hypothesen) 32—35
5). Ueber den Sitz der Elektricität im allgemeinen 35—41
6). Ueber die elektrische Spannung, bezw. über die elektrische Dichtigkeit der Elektricität im allgemeinen 41—42
7). Ueber die Verbreitung der Elektricität auf der Oberfläche, bezw. über die Anordnung der Elektricität auf der Oberfläche elektrisierter Körper 42—45
8). Ueber die elektrische Wirkung von Spitzen 45—49
9). Ueber den elektrischen Wind 49—50
10). Ueber die elektrische Wirkung von Flammen 50—52
11). Ueber den allmählichen Verlust der Elektricität elektrischer Körper 52—55
12). Ueber den Entladungsschlag, die Schlagweite und den elektrischen Funken im allgemeinen 55—58
13). Ueber die elektrische Influenz oder die elektrische Verteilung (Elektro-statische Induktion)
- a). Ueber das Gesetz der elektrischen Influenz 58—62
- b). Ueber die gebundene und freie Elektricität, bezw. über die Influenzelektricität der 1ten und 2ten Art 62—65
- c). Ueber die Art der Verbreitung der Influenzelektricitäten 65—66
- d). Ueber die Elektrisierung isolierter Körper durch Influenz 66—68
- e). Ueber die Elektrisierung von schlechten Leitern durch Influenz, sowie über die Wirkungssphäre durch Influenz elektrisierter Körper . . . 68—71
- f). Ueber das Gesetz der elektrischen Anziehung in bezug auf das Gesetz der elektrischen Influenz 71—72
- g). Ueber die Elektrisierung durch Mitteilung in bezug auf das Gesetz der elektrischen Influenz 72—74
- h). Ueber das Einsaugen der Elektricität durch Spitzen und Flammen, sowie über den elektrischen Funken in bezug auf das Gesetz der elektrischen Influenz. — Ueber den Unterschied zwischen Elektricität und Magnetismus 74—76

14). Ueber die Apparate zur Erregung von Elektricität durch Reibung und Influenz (Elektrophor und Elektrisiermaschinen) 76—77
- a). Der Elektrophor 77—86
- b). Die Elektrisiermaschine 86-104
- c). Die Dampfelektrisiermaschine (Hydroelektrische Maschine) 104-109
- d). Die Influenzelektrisiermaschine (Influenz- oder Elektrophormaschinen) . 109-140

15). Ueber die elektrischen Ansammlungsapparate (Kondensatoren und Ladungsapparate).
- a). Die elektrischen Ansammlungsapparate im allgemeinen 140-143
- b). Der Kondensator 143-150
- c). Die Ladungs- oder Verstärkungsapparate 150-167

Seite

16). Ueber die Apparate zur Erkennung und Messung der Elektricität (Elektroskope, Elektrometer und Massflasche).
a). Ueber die Elektroskope . 167—181
b). Ueber die Elektrometer . 182—208
c). Ueber die elektrische Massflasche 208—212
17). Ueber die elektrischen Entladungen und deren Wirkungen.
a). Ueber die Entladung der Elektricität, den Entladungsstrom, den Entladungsschlag und die Wirkungen elektrischer Entladungen im allgemeinen . 213—217
b). Ueber die physiologischen Wirkungen elektrischer Entladungen . . 217—220
c). Ueber die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen . . . 220
α). Ueber die Bewegung von Körpern infolge elektrischer Entladungen . 220—232
β). Ueber die Auseinandersprengung von Flüssigkeiten infolge elektrischer Entladungen 232—233
γ). Ueber die Expansion von Luft und Gasen infolge elektrischer Entladungen . 233—235
δ). Ueber die Durchbohrung (Zertrümmerung) schlechter fester Leiter durch den elektrischen Entladungsschlag 236—239
ε). Ueber die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen, durch welche das Glühen und Schmelzen von Drähten eingeleitet wird . 239—240
ζ). Ueber die Herstellung elektrischer Zeichnungen (Staubfiguren und Staubbilder, Hauchfiguren und Hauchbilder) 241—247
d). Ueber die thermischen oder Wärmewirkungen elektrischer Entladungen 248—256
e). Ueber die optischen oder Lichtwirkungen elektrischer Entladungen . 256—266
f). Ueber die chemischen Wirkungen elektrischer Entladungen 266—270
g). Ueber die magnetischen Wirkungen elektrischer Entladungen . . . 270
h). Ueber die elektrischen Wirkungen elektrischer Entladungen 271—273
18). Ueber die verschiedenen Arten der Elektricitätserregung 273—276

II. Teil.
(Mathematischer Teil.)

Ueber die elektrischen Messungen.
1). Ueber die Messung der Stärke des elektrischen Zustands von Körpern im allgemeinen (Fundamentalgesetz der elektrischen Abstossung und Anziehung) . 279—297
2). Ueber die Messung von Elektricitätsmengen 298—309
3). Ueber die Zerstreuung der Elektricität (Zerstreuungskoeffizient) . . 310—316
4). Ueber die Dichtigkeit der Elektricität an verschiedenen Stellen guter Leiter . 316—325
5). Ueber die Messung der gebundenen oder Influenzelektricität der 1ten Art 325—329
6). Ueber die quantitative Ladung der Ansammlungsapparate (Bindungszahl, Ladungsgrenze und Verstärkungszahl) 329—333
7). Ueber den Einfluss der Beschaffenheit des Isolators auf die Kondensatorladung (Dielektricitätskonstante) 333
8). Ueber die Messung der Schlagweite 334—337
9). Ueber die Messung der elektrischen Dichtigkeit einer Batterie . . 337—340
10). Ueber die Dauer und den Mechanismus der elektrischen Entladungen 340—348
11). Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Entladungsstroms im Schliessungsbogen 349—351
12). Ueber die Messung der durch elektrische Entladungen erregten Wärme 351—353

Aufgabensammlung aus der Reibungselektricität.

a). Gelöste Aufgaben . 354—372
b). Ungelöste Aufgaben . 372—376

Litteraturverzeichnis.

Armstrong, Ueber die Hydroelektrisiermaschine; Phil. Mag. Sér. 3 Bd. 23, Seite 134.
Becquerel, Ueber die Elektricitätserregung; Ann. d. Chim. et Phys. Bd. 22, Seite 1.
Biot, Ueber die Zerstreuung der Elektricität; Traité d. Phys. T. 2.
Bohnenberger, Ueber die Elektroskope; Schweiz. Journ. Bd. 1, Seite 79.
Carl, Ueber die Influenzmaschinen; Repertorium für physik. Technik, München 1865 bis jetzt.
Çavallo, Ueber die Elektroskope; Treatire on Electr. 1795, Bd. 2, Seite 80.
Clausius, Ueber die elektrische Dichte; Abh. über die Theorie der Wärme 1867 Bd. 2, Seite 70.
Coulomb, Ueber die Messung der Elektricität etc.; Mém. de l'Acad., Paris 1785 & 1786.
— Ueber die Erregung der Elektricität durch Influenz und über die Verteilung der Elektricität etc.; Mém. de l'Acad., Paris 1788.
Dellmann, Ueber die Elektrometer; Poggend. Ann. Bd. 55, 72 u. 86, Seite 353.
Egen, Ueber die Elektrometer; Poggend. Ann. Bd. 5, Seite 294.
Faraday, Ueber die Elektrometer; Exp. research. London, art. 1839.
— Ueber die Messung der Schlagweite; Exp. research., art. 1381.
— Ueber die Farbe des elektrischen Funkens und des Büschellichts; Exp. research., art. 1423, 1454 & 1456.
Fechner, Lehrbuch der Elektricität; Experiment. Phys. Bd. 3, Seite 56.
Feddersen, Ueber den Mechanismus der elektrischen Entladungen; Poggend. Ann. Bd. 53, Seite 63 und 66.
Franklin, Ueber die Franklinsche Hypothese; New. exper., London 1717.
Grove, Ueber die Zersetzung von Gasen durch Elektricität; Phil. Trans. 1847.
Harris, Ueber die Elektrometer; Phil. Trans. 1834, Seite 213.
— Ueber die Messung der Schlagweite; Phil. Trans. 1834, Seite 225.
Henley, Ueber die Elektrometer; Elektr. Bd. 1, Seite 79.
Holtz, Ueber die Holtzsche Influenzmaschine; Poggend. Ann. Bd. 76, Seite 157 und Bd. 77, Seite 320.
Kleist, Ueber die Verstärkungsflasche; Abh. der naturforsch. Gesellsch. v. Danzig Bd. 2, Seite 408.
Knochenhauer, Ueber die Influenz der Nichtleiter; Poggend. Ann. Bd. 51, Seite 125.
— Ueber die Messung der Schlagweite; Poggend. Ann. Bd. 58, Seite 219.
Kohlrausch, Ueber das elektrische Residuum; Poggend. Ann. Bd. 41, Seite 56.
— Ueber die Elektrometer; Poggend. Ann. Bd. 72 und 76.
Kundt, Ueber die elektrischen Zeichnungen; Poggend. Ann. Bd. 86, Seite 612.
— Ueber die Kundtsche Influenzmaschine; Poggend. Ann. Bd. 85, Seite 484.
Lichtenberg, Ueber die elektrischen Zeichnungen; Now. Comm. Soc. reg., Goetting. 1777 Bd. 8, Seite 168.
Matteuci, Ueber die Zerstreuung der Elektricität; Annales de chim. et de phys. 3. Sér. T. 38.
Mousson, Lehrbuch der Reibungselektricität; die Physik Bd. 3.
Müller, Ueber die Reibungselektricität; Lehrbuch der Physik Bd. 3.
Musschenbroek, Ueber die Verstärkungsflasche; Mém. d. l'Acad., Paris 1746, Seite 2.
Paalzow, Ueber den Mechanismus der elektrischen Entladungen; Poggend. Ann. Bd. 62.
Pearson, Ueber die Dauer der Elektricität; Phil. Trans. 1834, Seite 464.
Poisson, Ueber die Verteilung der Elektricität auf guten Leitern; Mém. d. l'Acad., Paris 1811.
Priestley, Ueber die Elektrometer; Hist. of Electr., Lond. 1767, Seite 732.
Riess, Lehrbuch der Reibungselektricität.
Saussure, Ueber die Elektroskope; Voyages, Gènéve 1786 Bd. 2, Seite 194.
Schneebli, Ueber die Kundtschen Staubfiguren; Züricher Vierteljahrsschrift, 1873.
Simon, Ueber die Elektrometer; Gilberts Ann. Bd. 28, Seite 227.

Symmer, Ueber die Symmersche Hypothese; Phil. Trans. Bd 51, Seite 1.
Thomson, Ueber die Elektrometer; Paper. on Electr. 1872 Bd. 1, Seite 260.
Töpler, Ueber Töplers Influenzmaschine; Poggend. Ann. Bd. 75, Seite 469.
Volta, Ueber die Elektroskope; Meteor. electr. Cott. Bd. 1, Seite 2.
— Ueber den Kondensator und das Elektrophor; Cott. dell'opere, Bd. 1, Seite 221 u. 100.
Wheatstone, Ueber die Dauer der Entladungen; Phil. Trans. 1834, Seite 464.
Wollaston, Ueber die Zersetzung von Wasser durch Elektricität; Phil. Trans. Seite 1001.
Wüllner, Lehrbuch der Elektricität; Experimentalphysik Bd. 4.
Zimmermann, Lehrbuch der Elektricität; Handbuch der Physik Bd. 1.

Berichtigungen:

1). In der Figur 79, Seite 141, müssen die Buchstaben *A* und *B* vertauscht werden, damit der Text in Antwort der Frage 130 und in Antwort der Frage 133 mit jener Figur, auf welche in diesen Antworten bezug genommen ist, übereinstimmt.

2). In der Erkl. 805, Seite 318, soll es unter 3). Längen statt Hälften heissen.

I. Teil.

(Populärer Teil.)

Die Reibungselektricität.

(Friktionselektricität, statische oder ruhende Elektricität.)

1). Ueber den Begriff der Elektricität im allgemeinen. — Reibungselektricität.

Frage 1. Was ist Elektricität?

Antwort. Elektricität ist die bis zur Gegenwart noch nicht ergründete Ursache einer Reihe von physikalischen, sogen. elektrischen Erscheinungen.

Frage 2. Welches ist die einfachste und zugleich auch die zuerst beobachtete elektrische Erscheinung?

Figur 1.



Erkl. 1. Siegellack ist ein festes schmelzbares Gemisch, bestehend aus Schellack oder Acaroidharz (siehe Erkl. 2 und 4), Terpentin oder Terpentinöl (siehe Erkl. 7), Farbstoffen [und zwar rote Farbstoffe, als: Zinnober, Mennige, Eisenoxyd, Ziegelmehl etc.; blaue Farb-

Antwort. Die einfachste und zugleich auch die zuerst beobachtete elektrische Erscheinung ist folgende:

Reibt man, siehe Figur 1, einen stangenförmigen Körper aus Glas, Schwefel, Siegellack (siehe Erkl. 1), Kautschuk (Ebonit, Hartgummi oder Kammmasse, siehe Erkl. 8), Guttapercha, Bernstein (siehe Erkl. 5) etc. mit einem Stück Seide, Wolle, Flanell oder Raubtierpelz, z. B. Katzenpelz etc., so kann man die merkwürdige Erscheinung beobachten, dass der damit geriebene Körper leichte andre Körperteilchen, als Teilchen von Papier, Holz, Stroh, Steinen, Metallen etc., überhaupt Teilchen von allen nur denkbaren Stoffen, wie z. B. Goldflitter, Sägespähnen, Papierschnitzel, Federbärte, Holunder-, Sonnenblumen- oder sonstige Pflanzenmarkkügelchen etc. anzieht, siehe Figur 2. Diese anziehende Kraft ist unter günstigen Umständen so gross, dass die erwähnte Anziehung oft schon aus ziemlicher Entfernung erfolgt. Wie später gezeigt wird, ist dies eine Folge der sogen. elektrischen Influenz.

stoffe, als: Ultramarin; schwarze Farbstoffe, als: Kienruss oder Frankfurter Schwarz; braune Farbstoffe, als: englische Erde; grüne Farbstoffe, als: grüner Zinnober oder Kupferfarbe; gelbe Farbstoffe, als: Königsgelb oder Chromgelb; und weisse Farbstoffe, als: Wismutoxid] und erdischen Zusätzen, als: Kreide, Magnesia, gebrannter Gips, Schwerspat, Kaolin oder Kieselguhr.

Erkl. 2. Wird sogenannter Gummilack (siehe Erkl. 3) geschmolzen, durch Filtrieren gereinigt und in Blättchen geformt, so erhält man den sogenannten Schellack, wie er zum Kitten, oder mit andern Zusätzen vermischt als Siegellack oder, in Weingeist aufgelöst, als Firnis benutzt wird.

Erkl. 3. Gummilack, ein Harz (siehe Erkl. 4), ist der, infolge des Stichs der sogen. Gummilackschildlaus, ausfliessende Saft gewisser Baumarten, besonders der Feigenbäume.

Erkl. 4. Unter einem Harz versteht man ein aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehendes pflanzliches Produkt, welches von selbst oder infolge von Einschnitten und Stichen aus der Rinde von Pflanzen schwitzt. Man unterscheidet sogen. harte Harze, wie Gummilack, Mastix (das gelbliche Harz des Mastixbaums), Acaroidharz (das rötliche Harz eines Baums auf Neuholland), Bernstein (siehe Erkl. 5) und weiche Harze, das sind solche, welche ätherische Oele (siehe Erkl. 6) enthalten.

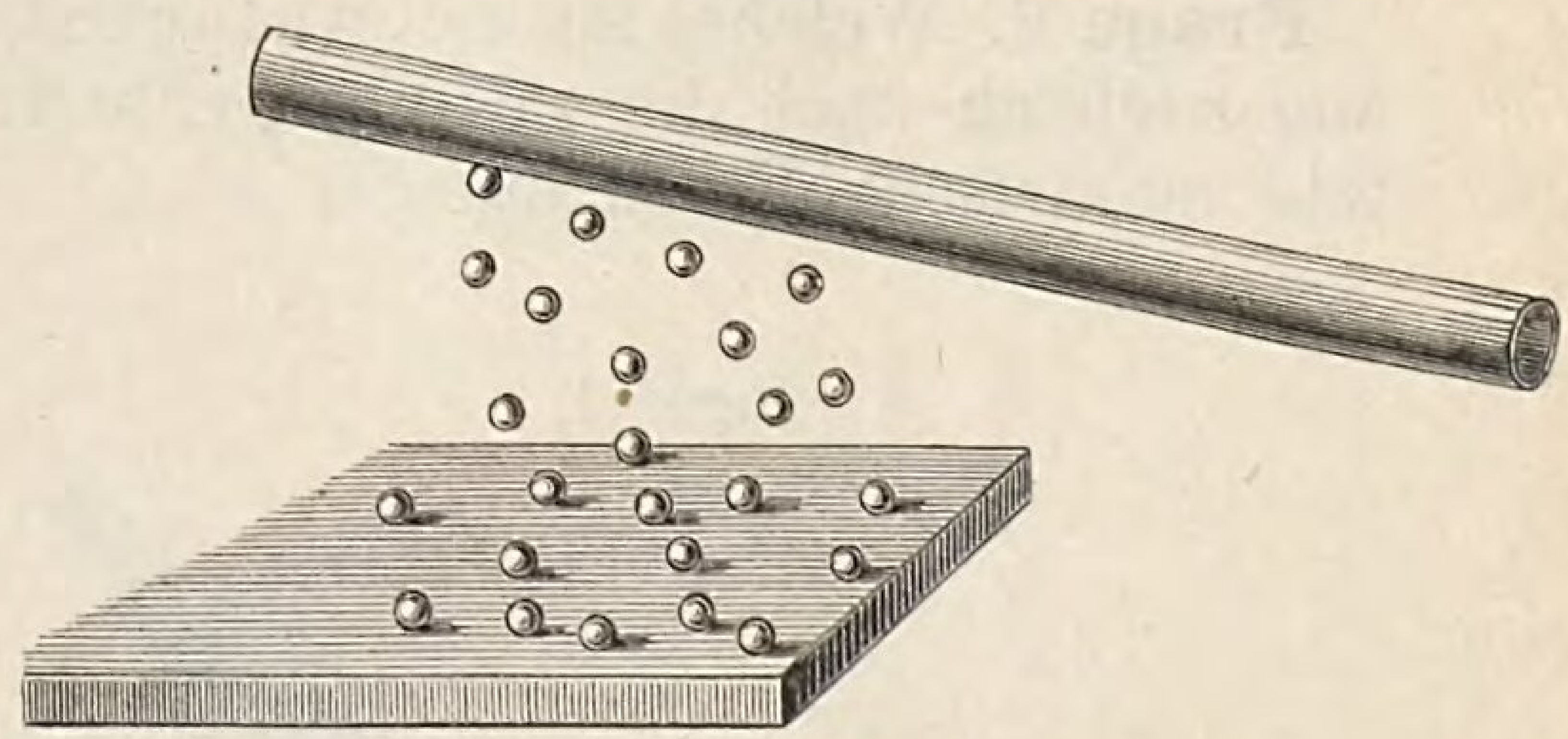
Erkl. 5. Unter Bernstein (Brennstein, brennbarer Stein) versteht man ein Harz fossiler (vorweltlicher, vor Jahrhunderten untergegangener) Bäume. Bernstein wird gefunden an angeschwemmtem Lande, z. B. an der Küste der Ostsee zwischen Danzig und Memel, wo es durch den Wellenschlag aus dem Meeresboden gespült und an das Ufer geschwemmt wird. Auch in den Gebirgen Schlesiens, ebenso in Amerika, bei Basel und an manchen andern Orten hat man Bernstein aufgefunden.

Erkl. 6. Unter ätherischen Oelen versteht man im allgemeinen in Pflanzen vorkommende Substanzen, welche meistens die Ursache des Geruchs der verschiedenen Pflanzen, namentlich der Blüten derselben bilden.

Erkl. 7. Terpentin ist eine aus Harz, dem sogen. Kolophonium bestehende Flüssigkeit, welche aus der Rinde verschiedener Nadelholzarten ausfliesst. Terpentinöl ist das ätherische Oel, welches aus jenem Harz gewonnen wird.

Erkl. 8. Unter Kautschuk (sogen. elastisches Gummi, Gummi elasticum), ebenso unter Guttapercha versteht man den ausgetrockneten Milchsaft verschiedener Baumsorten aus den tropischen Gegenden. Ebonit, Hartgummi, auch die sogen. Kammmasse ist eine besondere Art von vulkanisiertem schwarzem Kautschuk.

Figur 2.



Frage 3. Woher stammt der Name elektrische Erscheinungen?

Antwort. Die in voriger Antwort erwähnte Erscheinung wurde zuerst von den alten griechischen Philosophen am Bernstein beobachtet. Diese Erscheinung nannte man deshalb (siehe die Erkl. 5 und 9), entsprechend dem griechischen Namen des Bernsteins: ἤλεκτρον, d. h. Elektron, „elektrische“ Erscheinungen.

Erkl. 9. Während die durch Reibung hervorgerufene Eigenschaft des Bernsteins, leichte Körperteilchen anzuziehen schon zur Zeit des Thales von Milet, 400 Jahre v. Chr. Geburt, bekannt war, wurde erst im Jahr 1600 n. Chr. Geburt von dem englischen Arzt *W. Gilbert* entdeckt, dass diese Eigenschaft auch andre Körper besitzen, wie z. B. Schwefel, Glas, Siegellack, Edelsteine etc. *Gilbert* war es, welcher den Namen „Elektricität“ verallgemeinerte und in die Wissenschaft einführte.

Erkl. 10. Zwischen der Anziehungskraft von Magneten und derjenigen, welche durch Reibung bei gewissen Körpern, wie Bernstein, Schwefel, Glas etc. hervorgerufen wird, machte man bis zu Anfang des 17. Jahrhunderts keinen Unterschied und schrieb beiden Kräften gleiche Ursachen etc. zu.

Erkl. 11. Auch das altarabische Wort „Karabah“, d. h. Strohräuber, soll sich auf die Eigenschaft des Bernsteins beziehen, dass er durch Reiben die Fähigkeit erhält, Strohteilchen anzuziehen.

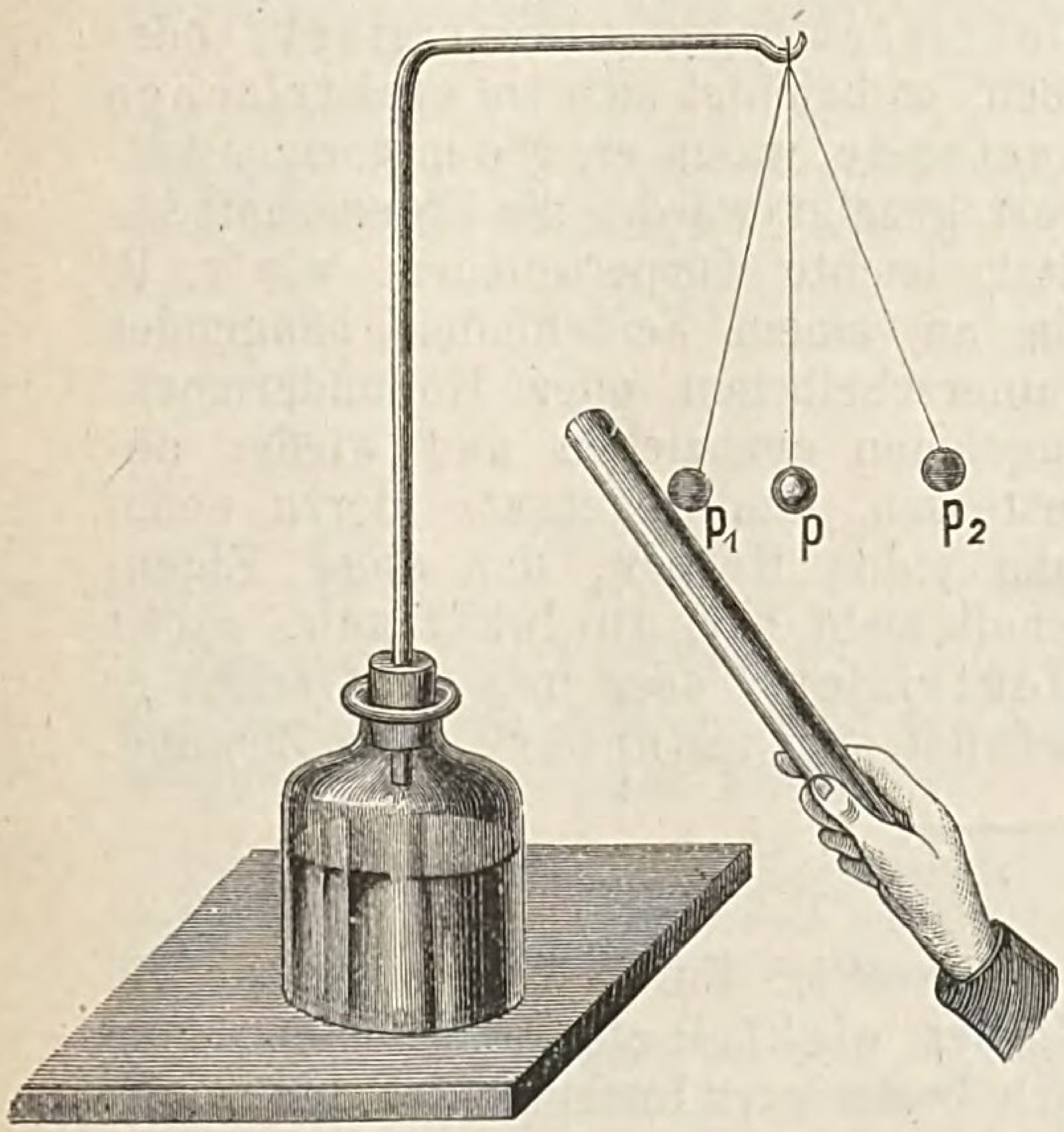
Frage 4. Welche Erscheinung findet nach der in Antwort der Frage 2 erwähnten Anziehung statt?

Erkl. 12. Was die Ursache der in nebenstehender Antwort erwähnten Abstossung ist, ergibt sich aus dem späteren Abschnitt: Ueber die elektrische Influenz.

Antwort. Hat man, wie in Antwort der Frage 2 erwähnt, einen stangenförmigen Körper von Glas, Schwefel, Siegellack etc. mit einem Stück Wollen-, Seidenzeug oder Katzenpelz etc. kräftigst gerieben und mittels des so geriebenen Körpers leichte Körperteilchen angezogen, so kann man die Beobachtung machen, dass nachdem diese leichten Körperteilchen eine kurze Zeit festgehalten wurden, wieder abgestossen werden.

Frage 5. Mittels welchen Experiments kann man die in den Antworten der Fragen 2 und 4 erwähnten Anziehungen und Abstossungen auf leichte und hübsche Art nachweisen?

Figur 3.



Erkl. 13. Die durch die Figur 3 dargestellte und in nebenstehender Antwort beschriebene Vorrichtung führt den besonderen Namen „elektrischer Pendel“.

Antwort. Um die in den Antworten der Fragen 2 und 4 erwähnten Anziehungen und Abstossungen schön nachweisen zu können, benutze man die durch Figur 3 dargestellte Vorrichtung (siehe Erkl. 13). Dieselbe besteht aus einem rechtwinklig gebogenen Draht, oder besser aus einer rechtwinklig gebogenen Glasröhre, die auf irgend eine Weise, z. B., wie in der Figur 3, mittels eines Korks in dem Hals einer mit Sand beschwerten Flasche befestigt ist, und aus einem an dem freien Ende des Stabs mittels eines Seidenfadens befestigten Papierscheibchen oder Korkkügelchen p. Nähert man dem Korkkügelchen p eine mit Raubtierpelz, Seiden- oder Wollenzeug kräftigst geriebene Glasröhre oder eine auf dieselbe Weise geriebene Stange von Siegellack oder Kautschuk, so wird das Kügelchen p von der Stange angezogen, in die Lage p_1 gebracht und kurz darauf wieder abgestossen, so dass es unter anderm z. B. auch in die Lage p_2 kommt (siehe auch die Erklärungen 14 und 15).

Erkl. 14. Bei der Ausführung des umstehenden Experiments beachte man, dass:

1). der zu reibende Körper, der Raubtierpelz (Katzenpelz, oder auch das Wollen- und Seidenzeug), mit welchem gerieben wird, ebenso der Seidenfaden, an welchem das Kügelchen p hängt, trocken sein muss, was man am besten durch Erwärmen erreicht, und dass

2). zu dem geriebenen Körper am besten eine grosse und weite Glasröhre, am besten aus grünem Flaschenglas bestehend, benutzt wird.

Die Gründe, warum man dies beachten soll, um das erwähnte Experiment und ähnliche andre Experimente gut zeigen zu können, sind in späteren Abschnitten enthalten.

Erkl. 15. Die in umstehender Antwort erwähnten Anziehungen und Abstossungen kann man auch mittels folgenden Experiments zeigen.

Man streue auf einen Tisch kleine Papierschnitzel und bringe in deren Nähe eine mit Wollenzeug geriebene Harzstange. Die Papierschnitzel werden alsdann in Bewegung geraten, die schwereren werden sich aufrichten, die leichteren werden an die Harzstange fliegen, daselbst eine Zeitlang verweilen und dann wieder wegfliegen.

Frage 6. Wann sagt man, ein Körper ist elektrisch oder elektrisiert, bezw. unelektrisch oder nicht elektrisiert?

Antwort. Man sagt, ein Körper ist elektrisch oder elektrisiert, oder auch, er befindet sich im elektrischen Zustande, wenn er, wie in voriger Antwort gezeigt wurde, die Eigenschaft besitzt, leichte Körperteilchen, wie z. B. ein an einem Seidenfaden hängendes Papierscheibchen oder Hollundermarkkügelchen anzuziehen und wieder abzustossen. Im Gegensatz hierzu nennt man jeden Körper, der diese Eigenschaft nicht hat, unelektrisch, nicht elektrisiert, oder man sagt auch, er befindet sich im natürlichen Zustand.

Erkl. 16. Ein Körper ist nicht immer elektrisch und die festen Körper zeigen im gewöhnlichen Zustand nicht die Eigenschaft, leichte Körperteilchen anzuziehen.

Erkl. 17. Der wesentliche Unterschied zwischen elektrischen und magnetischen Körpern besteht darin, dass elektrische Körper Teilchen von allen nur möglichen Stoffen anziehen, während magnetische Körper nur Eisenteilchen anziehen, dass ferner die elektrische Kraft bald verloren geht, während die magnetische unverändert fortwirkt.

Frage 7. Welcher Apparate bedient man sich zur Nachweisung, ob ein Körper elektrisch ist?

Antwort. Zur Nachweisung, ob ein Körper elektrisch ist, bedient man sich besonderer Instrumente, der sogen. Elektroskope.

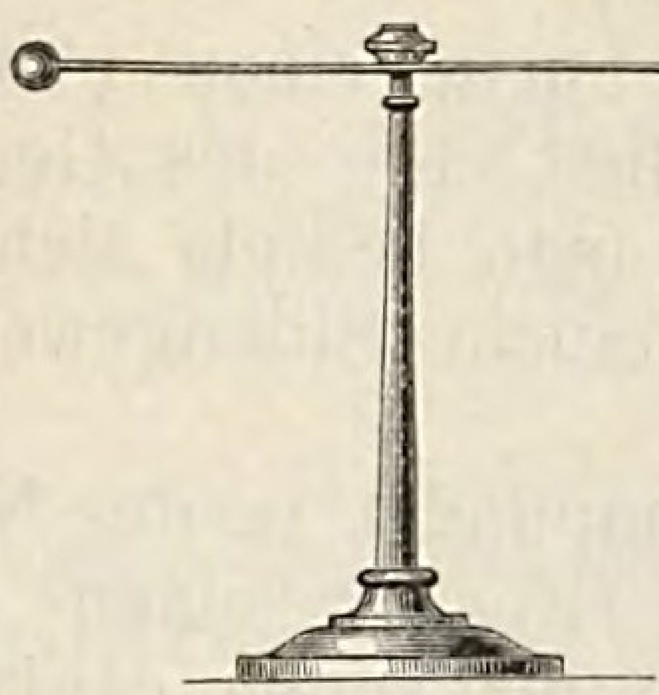
Die einfachsten der Elektroskope sind:

a). das durch die Figur 3 dargestellte, in Antwort der Frage 5 beschriebene

Erkl. 18. Die durch die Figur 4 dargestellte elektrische Nadel besteht aus einem in 2 Kügelchen endenden leichten Metalldraht, gewöhnlich aus Messing. Dieser Metalldraht ist mittels eines in seiner Mitte angebrachten Achathütchens, ähnlich wie eine Magnet- oder

Deklinationsnadel auf eine Spitze aufgesetzt und gestattet somit eine Drehung um seine vertikale Axe.

Figur 4.



Erkl. 19. Da bei der Anziehung des Kügelchens eines elektrischen Pendels durch einen demselben genäherten elektrischen Körper eine Hebung des Kügelchens erforderlich ist, was bei der Anziehung eines der Kügelchen einer elektrischen Nadel nicht der Fall ist, so ergibt sich hieraus, dass man mittels der elektrischen Nadel den elektrischen Zustand von nur schwach elektrischen Körpern besser nachweisen kann, als mittels des elektrischen Pendels.

Erkl. 20. Näheres über die Einrichtung und den Gebrauch von empfindlicheren, d. h. bezw. von besseren Elektroskopen, mittels welcher die Nachweisung des elektrischen Zustands der Körper leichter und sicherer auszuführen ist, findet man in dem späteren Abschnitt: Apparate zur Erkennung und Messung der elektrischen Kraft. (Siehe auch die Erkl. 68.)

und in der Erkl. 13 erwähnte elektrische Pendel, und

b). die durch die Figur 4 dargestellte und in der Erklärung 18 beschriebene elektrische Nadel.

In Bezug auf andre Elektroskope beachte man die Erkl. 20.

Will man mittels der unter a). und b). erwähnten Elektroskope nachweisen, ob ein Körper elektrisch ist, so hat man nur den betreffenden Körper dem in Ruhe befindlichen Kügelchen des elektrischen Pendels oder einem der Enden der elektrischen Nadel zu nähern und zu beobachten, ob das Kügelchen, bezw. die Nadel angezogen oder doch wenigstens aus seiner Ruhelage gebracht wird; ist dies nicht der Fall, so ist der Körper unelektrisch, oder er ist nur so wenig elektrisch, dass er keine anziehende Wirkung hervorbringen kann (siehe auch die Erkl. 19).

Frage 8. Was versteht man unter dem sogen. elektrischen Feld?

Antwort. Den Raum, in welchem sich elektrische Anziehungen und Abstossungen zeigen, wie die in Antwort der Frage 5 erwähnten, nennt man im allgemeinen das elektrische Feld oder auch elektrische Atmosphäre.

Frage 9. Durch welche physiologische Wahrnehmungen erkennt man den elektrischen Zustand eines Körpers?

Erkl. 21. Alle diejenigen Experimente, bei welchen Lichterscheinungen zu beobachten sind, stellt man am besten im Dunkeln an.

Erkl. 22. Wenn man bei dem in nebenstehender Antwort unter 1). erwähnten Experiment eine Glasröhre von ziemlicher Länge benutzt und dieselbe z. B. mit einem Katzenpelz unter stetem Druck im Dunkeln reibt, so hört man während des Reibens ein knisterndes Geräusch und sieht von der Röhre auf die Haare des Pelzes kleine Funken überspringen.

Antwort. An einem elektrischen oder elektrisierten Körper kann man folgende physiologische Wahrnehmungen machen, welche teilweise zur Erkennung des elektrischen Zustands der Körper dienen:

1). Nähert man einem elektrisierten Körper, z. B. einer mit Katzenpelz geriebenen Glas- oder Harzstange einen Metallstab oder den Knöchel eines Fingers bis auf eine kleine Entfernung, so hört man ein schwaches Knistern und sieht gleichzeitig zwischen den zu-

nächst liegenden Stellen der beiden genäherten Körper eine schwache Lichtlinie, den sogen. elektrischen Funken momentan aufleuchten (siehe die Erkl. 21—25).

2). Bringt man einen elektrisierten Körper in die Nähe des Gesichts, so glaubt man, man befinde sich mit dem Gesicht in einem Spinngewebe (siehe Erkl. 26).

3). Man empfindet in der Nähe stark elektrisierter Körper einen eigentümlichen Geruch, den sogen. elektrischen Geruch.

Erkl. 23. Der elektrische Funke wurde erst im Jahr 1672 von *Otto von Guerike*, dem Erfinder der fast überall bekannten Luftpumpe beobachtet.

Später zeigte *Dufay*, dass man aus dem menschlichen Körper Funken ziehen kann, was dazumal grosses Aufsehen erregte.

Erkl. 24. Ausführliches über den elektrischen Funken findet man in späteren Abschnitten.

Erkl. 25. Den elektrischen Funken erhält man schon ziemlich stark, wenn man einen auf einer erwärmten metallischen Unterlage, z. B. auf einem Theebrett liegenden Bogen gut getrocknetes Löschpapier mit Wollenzeug peitscht und dann diesen Bogen aufhebt. Man erhält hierdurch Funken, die schon aus einer Entfernung von 5 cm auf den dem Papier genäherten Fingerknöchel überspringen.

Erkl. 26. Das Gefühl, welches man im Gesicht empfindet, sobald man demselben einen elektrisierten Körper nähert, wurde im Jahr 1709 von *Hawsbee* zuerst wahrgenommen.

Frage 10. Welchen allgemeinen Satz kann man in Bezug auf die Wirkung elektrischer und unelektrischer Körper aufeinander aufstellen?

Antwort. In Bezug auf die Wirkung elektrischer und unelektrischer Körper aufeinander kann man nach den Antworten der Fragen 2 und 4 den allgemeinen Satz aufstellen:

„Jeder elektrische Körper zieht jeden unelektrischen Körper an und stösst ihn nach kurzer Zeit wieder ab."

(Siehe den Abschnitt: Ueber die elektrische Influenz.)

Erkl. 27. Erwärmt man ein Stück gewöhnlichen Schreibpapiers an einem Ofen oder an einer Lampe und reibt dasselbe mit Gummi, so wird es elektrisch, was man daran erkennen kann, dass es z. B. an einer Wand oder an der Hand hängen bleibt, bezw. von derselben angezogen wird.

Frage 11. Was versteht man im allgemeinen unter dem Elektrisieren eines Körpers, und was unter der Reibungs- oder Friktionselektricität?

Antwort. Unter dem Elektrisieren eines Körpers versteht man im allgemeinen die Vornahme derjenigen Operationen, welche erforderlich sind, damit ein Körper elektrisch wird, bezw. den sogen. elektrischen Zustand annimmt. Nach Antwort der Frage 2 kann also ein Körper durch Reibung elektrisiert werden (siehe die Erkl. 28). Die Ursache, vermöge welcher ein Körper durch Reibung (lat. Friktion) elektrisch wird, nennt man Reibungs- oder Friktionselektricität oder auch aus später angeführten Gründen statische oder ruhende Elektricität.

Erkl. 28. Wie später gezeigt wird, gibt es ausser der Reibung noch andre Mittel, einen Körper zu elektrisieren; so kann man z. B. einen Körper durch Mitteilung, Druck, Stoss, einfache Berührung mit einem andern ungleichen Körper, Influenz, chemische Prozesse, Wärme, Temperaturdifferenzen, Licht, Magnetismus etc. elektrisieren und unterscheidet dementsprechend auch verschiedene Arten von Elektricität. — Ausführliches hierüber findet man in späteren Abschnitten und den speziellen Lehrbüchern.

Frage 12. In welche zwei Hauptgruppen werden die Körper eingeteilt, und zwar je nachdem sie durch Reiben elektrisch werden oder nicht?

Antwort. Reibt man, wie in vorstehendem erwähnt, die verschiedensten Körper und untersucht, wie in Antwort der Frage 7 angegeben ist, ob die geriebenen Körper elektrisch geworden sind, so wird man finden, dass eine Anzahl derselben, wie z. B. alle Harzarten, Schwefel, Glas, Bernstein, Schellack, Kautschuk, Guttapercha, Wachs, trockenes Papier etc. schon bei geringer Reibung stark elektrisch werden, und dass hingegen andre Körper, wie z. B. die sämtlichen Metalle, Edelsteine, Holz, Kohlen, sowie feuchte Körper etc. trotz der kräftigsten Reibung nicht elektrisch werden. Hiernach teilt man die Körper in zwei Hauptgruppen ein, nämlich in die durch Reibung elektrisierbaren oder idioelektrischen und in die durch Reibung unelektrisierbaren oder anelektrischen Körper (siehe Erkl. 29).

Erkl. 29. Die in nebenstehender Antwort erwähnte elektrische Unfähigkeit der sogen. anelektrischen Körper ist nur eine scheinbare, indem dieselben bei entsprechender Behandlung, wie in nachstehendem Abschnitt gezeigt wird, ebenfalls elektrisiert werden können.

2). Ueber das Elektrisieren durch Mitteilung. — Gute Leiter und schlechte Leiter. — Isolatoren.

Frage 13. Was versteht man unter dem Elektrisieren eines Körpers durch Mitteilung?

Antwort. Bringt man gewisse unelektrische Körper mit elektrischen Körpern in Berührung, so werden jene Körper auch elektrisch, indem ein Teil oder auch die ganze Elektricität von letzterem Körper auf erstere übergeht und man sagt: jene Körper wurden durch Mitteilung elektrisch oder durch Mitteilung elektrisiert (siehe die Antwort der folgenden Frage und den späteren Abschnitt: Ueber die elektrische Influenz).

Frage 14. Durch welche Experimente kann man darthun, dass gewisse unelektrische Körper durch Berührung mit elektrischen Körpern selbst elektrisch werden?

Antwort. Dass gewisse unelektrische Körper durch Berührung mit elektrischen Körpern selbst elektrisch werden, kann man unter anderm durch folgende Experimente darthun:

1). Bringt man ein an einem Seidenfaden (siehe Erkl. 30) hängendes Pflanzenmarkkügelchen mit einem elektrischen Körper, z. B. mit einer geriebenen Harzstange in Berührung, so wird es selbst elektrisch, was man erkennt, wenn man jenem Kügelchen ein zweites an einem Seidenfaden hängendes Kügelchen nähert, indem alsdann letzteres von ersterem angezogen wird. Nach der Anziehung zeigen sich beide Kügelchen gleich stark elektrisch, jedoch schwächer als das vorher elektrisierte Kügelchen anfangs war, woraus sich erkennen lässt, dass das 1. Kügelchen von seiner Elektricität dem 2. mitgeteilt hat.

2). Verschliesst man das eine Ende (oder auch beide Enden) einer grossen und weiten Glasröhre mit einem durchbohrten Kork, steckt alsdann in die Oeffnung des Korks einen langen, ziemlich starken, aber vorn abgerundeten (siehe Erkl. 31) Metalldraht, hängt ausserdem an diesen Draht noch eine Metallkette und elektrisiert schliesslich die Röhre durch Reiben, so kann man die Wahrnehmung machen, dass auch der Draht und die Kette, welche beide nicht durch Reiben elektrisiert würden, elektrisch geworden sind. Man muss also hier wieder annehmen, dass sich auch in diesem Falle die Elektricität von der Glasröhre über den Kork, dem Draht und der Kette mitgeteilt hat (siehe Erkl. 32).

3). Bringt man eine Metallkugel, welche auf einem Glasfuss befestigt oder an einem Seidenfaden aufgehängt ist (siehe Erkl. 30), mit einem elektrischen Körper in Berührung, so kann man nach dieser Berührung die Beobachtung machen, dass die Kugel an jeder Stelle ihrer Oberfläche ebenfalls elektrisch geworden ist.

4). Nimmt man eine Platte von Ebonit, Hartgummi oder Guttapercha, oder noch einfacher ein Blatt trockenes Löschpapier, macht dasselbe elektrisch, indem man es auf den Tisch legt und leicht mit einem Katzenpelz oder Wollenzeug reibt, hebt es dann an den Ecken auf und legt es auf eine Metallplatte,

Erkl. 30. Der Grund, warum bei den in nebenstehender Antwort erwähnten Experimenten die zu elektrisierenden Körper (Kugeln) an Seidenfäden oder auf Glasfüssen befestigt sein müssen, ergibt sich aus Antwort der Frage 27.

Erkl. 31. Der Grund, warum der in nebenstehender Antwort bei dem zweiten Experiment erwähnte Draht abgerundet sein muss, ergibt sich aus einem späteren Abschnitt: Ueber die elektrische Wirkung der Spitzen und Ecken.

Erkl. 32. Aus dem in nebenstehender Antwort erwähnten Experiment 2). ergibt sich, dass gewisse Körper, wie Kork und Metalle, nicht allein den elektrischen Zustand annehmen, sondern auch denselben weiterverbreiten, fortpflanzen.

welche auf einer oder mehreren Glassäulen befestigt, oder legt es z. B. auf ein umgekehrtes Kaffeebrett, welches mit seiner inneren Fläche auf ein oder mehrere Gläser (Wasser- oder Weingläser) gelegt ist, wobei man aber nicht mit dem Finger die Metallplatte berühren darf (siehe Antwort der Frage 9), so wird man finden, dass diese Metallplatte vollständig elektrisch geworden ist, was man daran erkennt, dass von ihr leichte Körperteilchen angezogen werden und dass sie, wenn man einer Ecke derselben mit dem Knöchel eines Fingers zu nahe kommt, einen elektrischen Funken abgibt.

Frage 15. Was versteht man unter einer Elektricitätsquelle?

Antwort. Da durch jeden elektrischen Körper gewisse andre Körper, infolge der in Antwort der Frage 13 erwähnten Mitteilung, elektrisiert werden können, so nennt man jeden elektrischen Körper, sobald durch ihn ein andrer Körper auf die erwähnte Art elektrisiert wird, eine Elektricitätsquelle.

Frage 16. Was versteht man unter dem elektrischen Laden eines Körpers?

Antwort. Wird einem mittels eines Seidenfadens aufgehängten oder auf einem Glasfuss befestigten Körper (siehe Erklärung 30), z. B. einer Metallkugel, durch Berührung mit einem elektrischen Körper der elektrische Zustand mitgeteilt, so nennt man dies das elektrische Laden oder kurzweg das Laden jenes Körpers, bezw. jener Kugel.

Frage 17. Was versteht man unter dem Entladen eines elektrischen Körpers?

Antwort. Wird ein durch Mitteilung elektrisierter Körper, wie z. B. eine an einem Seidenfaden hängende oder auf einem Glasfuss befestigte Metallkugel (siehe Erkl. 30) mit einem andern Körper (z. B. mit dem menschlichen Körper, siehe Antwort der Frage 29) in Berührung gebracht, so dass er seine ganze Elektricität, auf eine sich aus nachfolgenden Antworten zu erklärende Weise, an letzteren Körper abgibt, sich also

nicht mehr elektrisch zeigt, so nennt man dies das Entladen jenes elektrischen Körpers.

Frage 18. Lassen sich alle Körper durch Mitteilung in derselben Weise elektrisieren, wie in Antw. der Frage 14 angegeben ist?

Antwort. Durch die in Antwort der Frage 14 angeführten Experimente und durch das nachfolgende ist bewiesen, dass sich nicht alle Körper in gleicher Weise durch Mitteilung elektrisieren lassen, dass manche Körper die Elektricität sehr leicht aufnehmen, während andre Körper der Aufnahme der Elektricität, bezw. dem Elektrisieren durch Mitteilung einen grossen Widerstand entgegensetzen. An folgenden Experimenten kann man letzteres darthun:

1). Bringt man eine Kugel von Glas, Harz, Bernstein oder Schwefel etc., einerlei ob dieselbe auf einem Glasfuss befestigt, an einem Seidenfaden aufgehängt ist, oder durch irgend einen andern Körper getragen wird, mit einem elektrischen Körper in Berührung, so kann man die Beobachtung machen, dass eine solche Kugel keine Spur von Elektricität zeigt, oder nur sehr wenig an der berührten Stelle elektrisch geworden ist.

2). Verschliesst man das eine Ende (oder auch beide Enden) einer grossen und weiten Glasröhre mit einem durchbohrten Kork, steckt alsdann in die Oeffnung des Korks nicht wie in dem unter 2). in Antwort der Frage 14 erwähnten Experiment einen Draht, sondern z. B. eine Harzstange oder eine zweite weite Glasröhre und elektrisiert jene Röhre durch Reibung, so wird man die Wahrnehmung machen, dass jene Harzstange oder jene zweite Glasröhre, an deren Ende man auch ein Metallkettchen befestigen kann, nicht oder doch nur sehr wenig elektrisch geworden ist.

Frage 19. Was versteht man unter guten, was unter schlechten Leitern der Elektricität?

Erkl. 33. Sehr oft findet man statt der Benennungen gute und schlechte Leiter die Benennungen Leiter und Nichtleiter. Diese letzteren Bezeichnungen sind jedoch zu

Antwort. Unter den guten Leitern der Elektricität versteht man alle diejenigen Körper, welche, wie durch die in Antwort der Frage 14 angeführten Experimente gezeigt wurde, die Elektricität durch Mitteilung leicht

verwerfen, da man bis jetzt weder einen Körper auffinden konnte, welcher die Elektricität unter allen Umständen leitet, noch einen solchen Körper auffinden konnte, welcher die Elektricität durchaus nicht leitet.

Erkl. 34. Die guten Leiter, bezw. die Leiter der Elektricität (siehe Erkl. 33) werden auch oft Konduktoren (conductor, lat., Leiter oder Führer) genannt.

Da man jedoch in den Elektricitätslehren unter einem Konduktor meistens einen gewissen Bestandteil einer Elektrisiermaschine versteht (siehe den späteren Abschnitt, welcher über die Elektrisiermaschine handelt), so ist es besser, wenn man die deutsche Bezeichnung Leiter beibehält.

Erkl. 35. Die schlechten Leiter, bezw. die Nichtleiter der Elektricität (siehe Erkl. 33) führen auch den besonderen Namen Isolatoren der Elektricität (siehe Antw. der Frage 25).

Erkl. 36. Der Unterschied zwischen den Leitern und Nichtleitern, bezw. zwischen den guten und schlechten Leitern wurde erst in den Jahren 1728—1731 von *Stephan Gray* entdeckt und zwar mittels des in Antwort der Frage 14 erwähnten zweiten Experiments.

Stephan Gray gelang es unter anderm auch, mittels einer an seidenen Fäden aufgehängten leinenen Schnur die durch Reibung einer Glasröhre hervorgerufene Elektricität circa 100 m weit bis zu einer isolierten Kugel (siehe Antw. der Frage 25) zu leiten. *Stephan Gray* ist somit auch als Erfinder des Konduktors der Elektrisiermaschine (siehe Erkl. 34) zu betrachten.

aufnehmen und auf ihrer ganzen Oberfläche fortpflanzen oder verbreiten. Im Gegensatz zu den soeben erwähnten guten Leitern versteht man unter den schlechten Leitern alle diejenigen Körper, welche, wie durch die in Antwort der Frage 18 angeführten Experimente gezeigt wurde, die Elektricität durch Mitteilung nur an einzelnen Stellen oder nur in schwachem, oft kaum mehr zu beobachtendem Grad aufnehmen (siehe die Erkl. 33—36).

Frage 20. Was versteht man unter der elektrischen Leitungsfähigkeit oder dem Leitungsvermögen, was unter dem Leitungswiderstand der Körper?

Erkl. 37. Die Bezeichnungen Leiter und Leitungsfähigkeit entstammen der Ansicht, der Hypothese, dass die Elektricität sozusagen eine Flüssigkeit sei (siehe den Abschnitt: Ueber das Wesen der Elektricität).

Erkl. 38. Aus nebenstehender Antwort ergibt sich, dass je besser das Leitungsvermögen eines Körpers, desto geringer dessen Leitungswiderstand ist, und umgekehrt, dass je grösser der Leitungswiderstand ist, desto geringer das Leitungsvermögen sein muss.

Antwort. Die jedem einzelnen Körper innewohnende grössere oder geringere Fähigkeit, durch Mitteilung Elektricität aufzunehmen und auf seiner ganzen Oberfläche zu verbreiten, nennt man im allgemeinen die elektrische Leitungsfähigkeit, oder kurzweg die Leitungsfähigkeit, auch das Leitungsvermögen des betreffenden Körpers.

Da ferner, wie vorstehend erwähnt, dieses Leitungsvermögen bei den verschiedenen Körpern ein verschiedenes ist, so nimmt man an, dass alle Körper der Fortbewegung der Elektricität (siehe Erkl. 37) einen gewissen Widerstand entgegensetzen, welchen man im allgemeinen den Leitungswiderstand nennt.

Die präziseren mathematischen Definitionen über Leitungsfähigkeit und Leitungsvermögen sind in späteren Kapiteln enthalten und benutzt.

Frage 21. Welches sind die bekanntesten guten Leiter, welches die bekanntesten schlechten Leiter der Elektricität?

Die Aufzählung soll je nach dem Grad der Leitungsfähigkeit, also die besten Leiter stets voran, vorgenommen werden.

Antwort. Die bekanntesten guten Leiter der Elektricität und zwar nach dem Grad der Leitungsfähigkeit, die besten Leiter voran, sind:

1). Metalle, Silber und Kupfer voran;
2). Kohlen, in der Form von Holzkohlen;
3). Graphit;
4). Koks, der Diamant ist ein schlechter Leiter;
5). Säuren;
6). Kochsalzlösung;
7). Wasser (in flüssigem, nicht aber in festem Zustand) und zwar:
 a). Seewasser,
 b). Quellwasser,
 c). Regenwasser,
 d). Schnee;
8). Wasserdampf, infolge dessen gehören zu den guten Leitern:
 a). alle feuchte oder von Wasser durchdrängte Körper,
 b). alle lebende Pflanzen und Pflanzenteile,
 c). alle tierische Körper,
 d). der menschliche Körper,
 e). der stets feuchte Erdboden,
 f). die feuchte Luft;
9). lösliche Salze;
10). Leinen;
11). Baumwolle.

Die bekanntesten schlechten Leiter der Elektricität und zwar je nach dem Grad der Leitungsfähigkeit, die besseren Leiter derselben voran, sind:

1). Metalloxyde und zwar trockene;
2). fette Oele;
3). Asche;
4). Eis, bei — 25° Celsius;
5). Phosphor;
6). Kalk;
7). Kreide;
8). Bärlappsamen (Semen Lycopodii, Lykopodium);
9). Kautschuk;
10). Hartgummi;
11). Kammmasse;
12). Ebonit;
13). Kampfer;
14). ätherische Oele; flüchtige Oele;

Erkl. 39. Zur einfachen Untersuchung, ob ein Körper ein guter oder ein schlechter Leiter ist, benutzt man gewöhnlich das in einem späteren Abschnitt beschriebene Goldblattelektroskop. In welcher Weise damit verfahren wird, ist in jenem Abschnitt angegeben.

Die Untersuchung besteht im allgemeinen darin, dass man den zu prüfenden Körpern die Form von gleich langen Stäbchen gibt, diese Stäbchen nacheinander mit einem elektrischen Körper, welcher mit einem Elektroskop in Verbindung steht und welcher am Elektroskop stets gleiche Elektricität zeigt, in Berührung bringt, und jedesmal die Zeit beobachtet, bis die Divergenz der Goldblättchen am Elektroskop um gleiches abgenommen hat. Je grösser die hierbei beobachtete Zeit ist, desto schlechter leitet der betreffende Körper in bezug auf die andern (siehe Erkl. 42).

Auch durch langsames Entladen der Leydener Flasche kann man die erwähnten Untersuchungen machen.

Erkl. 40. Zu den guten Leitern gehören die in Antwort der Frage 12 erwähnten sogen. anelektrischen Körper, nämlich alle diejenigen Körper, welche man durch Reibung in der Hand nicht elektrisieren, bezw. nicht elektrisch machen kann. Nach den Angaben von *Hausmann* und *Henrici* gehören die metallischen Legierungen und die metallischen Schwefelverbindungen zu den guten Leitern.

15). Porzellan;
16). Pergament, Leder, }
17). trockenes Papier, }
18). Federn, } überhaupt trockene Vegetabilien;
19). Haare, Raubtierpelz, }
20). Wolle, }
21). Seide (gefärbte Seide besser als rohe Seide);
22). Edelsteine;
23). Glimmer;
24). Glas;
25). Wachs;
26). Schwefel;
27). Harze;
28). Guttapercha;
29). Bernstein;
30). Siegellack;
31). Schellack.

Aus dieser Zusammenstellung ersieht man, dass die Metalle die besten, Bernstein, Siegellack und Schellack aber die schlechtesten Leiter sind (siehe die Erkl. 39—41).

Erkl. 41. Zu den schlechten Leitern gehören die in Antwort der Frage 12 erwähnten idioelektrischen Körper, nämlich alle diejenigen Körper, welche man durch Reiben in der Hand elektrisieren, bezw. elektrisch machen kann; denn elektrisiert man z. B. eine lange Glasstange an dem einen Ende durch Reiben, so nimmt man an dem andern Ende der Röhre keine elektrische Wirkung, wie z. B. die Anziehung von leichten Körperteilchen, wahr.

Frage 22. Was versteht man unter den sogen. Halbleitern der Elektricität?

Antwort. Die in Antw. der Frage 21 erwähnten guten und schlechten Leiter der Elektricität kann man nicht scharf von einander trennen, indem es Körper gibt, die je nachdem die Elektricitätsquelle, mit welcher sie in Berührung gebracht werden, mehr oder weniger starke Elektricität offenbart, sich bald als gute, bald als schlechte Leiter verhalten. Solche Körper nennt man „Halbleiter" der Elektricität.

Erkl. 42. Als gute Leiter bezeichnet man gewöhnlich diejenigen, welche beim Berühren des Knopfs oder der Platte irgend eines Elektroskops, wie sie in einem späteren Abschnitt beschrieben sind, das Elektroskop fast augenblicklich entladen. Als Halbleiter bezeichnet man solche, welche ein Elektroskop in einigen Sekunden entladen. Als schlechte Leiter bezeichnet man schliesslich solche, welche in einer Minute das Elektroskop noch nicht entladen haben (siehe Erkl. 39).

Frage 23. Welches sind die bekanntesten Halbleiter der Elektricität?

Antwort. Die bekanntesten Halbleiter der Elektricität und zwar je nach dem Grad ihrer Leitungsfähigkeit, die besten Leiter voran, sind:

1). Alkohol;
2). Aether;
3). Glaspulver;
4). Schwefelblumen;
5). trockenes Holz;
6). Marmor;
7). Papier;
8). Stroh;
9). Eis bei 0°.

Erkl. 43. Bemerkt sei hier, dass die in den Antworten der Fragen 21 und 23 angeführten Zusammenstellungen von guten, schlechten und Halbleitern, die betreffenden Körper in der Reihenfolge enthalten sind, wie ihre Leitungsfähigkeit ist, nämlich die besten Leiter stets voran, was jedoch nicht mit absoluter Sicherheit angenommen werden darf, weil sich das Leitungsvermögen der Körper meistens mit der Beschaffenheit der Oberfläche der Körper ändert (siehe die Erkl. 44).

Erkl. 44. Nach den Angaben von *Riess* gehört ein frisch abgespaltetes Glimmerplättchen

zu den Halbleitern, während dasselbe, wenn es einige Zeit der Luft ausgesetzt bleibt, zu den schlechtesten Nichtleitern (also zu den besten Isolatoren) gezählt werden kann.

Frage 24. Ist die Leitungsfähigkeit der Körper bei jedem Körper immer dieselbe, oder ist sie von besonderen Umständen abhängig?

Antwort. Die Leitungsfähigkeit eines jeden Körpers ist nicht immer dieselbe und ist von mancherlei Umständen abhängig; so ist sie je nach der Temperatur, je nach der Beschaffenheit der Oberfläche und besonders je nach dem Grad der Feuchtigkeit der umgebenden Luft eine verschiedene (siehe die Erklärungen 45—47).

Ausführliches hierüber findet man in späteren Abschnitten.

Erkl. 45. Glas und Harz z. B. gehören nach Antwort der Frage 21 zu den schlechten Leitern; ersteres wird aber bis zur Rotglühhitze erwärmt, auch schon von 80° Celsius ab, zu einem guten Leiter; Harz wird im erwärmten, im flüssigen Zustand ebenfalls zu einem guten Leiter.

Erkl. 46. Die Leitungsfähigkeit der Metalle wird durch Erwärmen verringert.

Erkl. 47. Der Leitungswiderstand der schlechten Leiter (also auch der Isolatoren, siehe folgende Antwort) wird durch Temperaturerhöhung erhöht.

Frage 25. Was versteht man unter den Isolatoren der Elektricität?

Antwort. Unter den Isolatoren der Elektricität versteht man die schlechten, bezw. die Nichtleiter der Elektricität.

Die Bezeichnung der schlechten, bezw. der Nichtleiter (siehe Erkl. 30) als sogen. Isolatoren (siehe Erkl. 48) der Elektricität hat seinen Grund in folgendem:

Soll die einem Körper mitgeteilte Elektricität nicht durch Körper, welche mit jenem in Berührung sind, weitergeleitet bezw. abgeleitet werden, so darf derselbe nicht mit solchen Körpern in Verbindung stehen, welche die Elektricität leicht durch Mitteilung aufnehmen, er muss also von solchen Körpern isoliert werden; diese Isolation erreicht man aber dadurch, dass man ihn ringsum mit schlechten, bezw. mit Nichtleitern der Elektricität umgibt und deshalb führen letztere den entsprechenden Namen Isolatoren (siehe die Erklärungen 48—52).

Erkl. 48. Die Bezeichnung Isolator kommt von dem französischen Wort „isoler“, d. h. frei, abgesondert stellen etc.

Erkl. 49. Nach der Erkl. 38 setzen die Isolatoren der Fortleitung der Elektricität einen sehr grossen (unüberwindlichen?) Widerstand entgegen.

Erkl. 50. Aus nebenstehender Antwort und aus Antwort der Frage 21 ergibt sich, dass Metalle die schlechtesten Isolatoren, Schellack der beste Isolator ist.

Erkl. 51. Nach nebenstehender Antwort und nach der Erkl. 41 sind die Isolatoren die in Antw. der Frage 13 erwähnten idioelektrischen Körper, das sind nämlich solche, welche durch Reiben in der Hand elektrisch werden.

Erkl. 52. Alle Isolatoren, auch die besten derselben werden zu guten Leitern der Elektricität, sobald sich auf denselben Wasserdämpfe niederschlagen, was zugleich ein Beweis ist, dass Wasser und Wasserdämpfe gute Leiter der Elektricität sind.

Frage 26. Welches sind diejenigen Isolatoren, die vorzugsweise zur Isolation von guten Leitern benutzt werden?

Antwort. Zur Isolation von guten Leitern benutzt man vorzugsweise Glas,

Erkl. 53. Da sich auf der Oberfläche von Glas leicht die Feuchtigkeit der Luft niederschlägt und deshalb bei feuchter Luft Glas statt ein schlechter Leiter (ein Isolator) zu sein, zu einem guten Leiter wird, was bei Harzen, wie z. B. bei Schellack weniger leicht der Fall ist, so überzieht man meistens isolierende Glassäulen mit einer dünnen Schichte von Schellack (Schellackfirnis).

Erkl. 54. Kupferdrähte werden gewöhnlich isoliert, indem man sie mit Seide umwickelt oder in eine Hülse von Guttapercha steckt.

Erkl. 55. Ebonit ist ein besserer Leiter als Seide, besonders bei feuchtem Wetter.

Harz (Ebonit) und weisse Seide, und zwar in der Weise, dass man den zu isolierenden guten Leiter auf einer Glas- oder Harzsäule, letztere gewöhnlich aus Schellack, Ebonit, Hartgummi, Guttapercha oder Kautschuk bestehend, befestigt, oder dieselbe an seidenen Schnüren (wie das Kügelchen des elektrischen Pendels) aufhängt, oder auch an dem betreffenden guten Leiter einen Handgriff von Glas oder Ebonit etc. anbringt (siehe Erkl. 53 und 54).

Frage 27. Welche Verhaltungsmassregeln muss man beobachten, wenn man gute Leiter durch Mitteilung elektrisieren will?

Erkl. 56. Aus dem Grunde, weil Wasser und Wasserdämpfe gute Leiter der Elektricität sind, somit auch feuchte Luft die Elektricität leicht ableitet, misslingen die meisten elektrischen Versuche bei feuchter Witterung.

Erkl. 57. Die einem isolierten Leiter mitgeteilte Elektricität wird nach längerer oder kürzerer Zeit verschwinden, was seinen Grund darin hat, dass sich dieselbe mit der Zeit der stets etwas feuchten umgebenden Luft mitteilt.

Antwort. Will man gute Leiter durch Mitteilung elektrisieren, so hat man folgendes zu beachten:

1). man muss den guten Leiter vollständig isolieren, also denselben an, bezw. auf schlechten Leitern, wie Glas, Schellack etc. befestigen;

2). man muss den guten Leiter und dessen Isolatoren trocken reiben, am besten mit trockener Seide, also frei von allen feuchten Niederschlägen halten, deshalb auch die umgebende Luft erwärmen, und

3). man muss sich in acht nehmen, dass man nicht den guten Leiter während oder nach dem Elektrisieren mit andern guten Leitern, so z. B. mit dem menschlichen Körper etc. in Berührung bringt (siehe die Erkl. 56 und 57).

Frage 28. Auf welche Weise kann man sich nunmehr erklären, warum man die sogen. anelektrischen Körper durch Reiben nicht elektrisch machen kann?

Erkl. 58. Dass sich auch die anelektrischen Körper durch Reiben elektrisieren lassen, was man anfangs für unmöglich hielt, kann man mittels folgenden Experiments darthun:

Nimmt man eine Metallplatte, z. B. von Zink und befestigt an dieselbe einen Glas- oder Harzgriff und reibt diese Platte, mit der Hand an jenem isolierenden Griff haltend, auf einem Filzstück oder Wollenzeug, so wird die Metallplatte auch elektrisch.

Erkl. 59. Die Elektrisierung einer in der Hand gehaltenen Glasröhre oder einer Harz-

Antwort. Der Grund, warum man die in Antwort der Frage 12 erwähnten anelektrischen Körper, unter welche z. B. die Metalle gehören, durch Reiben in der Hand nicht elektrisch machen kann, ist darin zu suchen, dass die durch das Reiben hervorgerufene Elektricität sich sofort über die ganze Oberfläche des betreffenden Körpers, da dies ein guter Leiter ist (siehe Erkl. 40), verbreitet, zugleich durch Mitteilung in den mit diesem Körper in Berührung befindlichen menschlichen Körper, welcher selbst ein

stange durch Reibung ist nur deshalb möglich, weil Glas und Harz schlechte Leiter sind, denn wären sie gute Leiter, so würde sich die durch Reibung hervorgerufene Elektricität sofort über die ganze Glasröhre oder Harzstange nach der Hand und von da über den menschlichen Körper auf die Erde verbreiten.

Erkl. 60. Aus nebenstehender Antwort und dem in der Erkl. 58 angeführten Experiment lässt sich schliessen, dass alle Körper, sowohl die idioelektrischen als auch die anelektrischen Körper durch Reibung elektrisch gemacht werden können, nur muss man bei letzteren dafür Sorge tragen, dass die einmal erregte Elektricität nicht wieder sofort abgeleitet wird.

guter Leiter ist, und von da in die stets feuchte Erde, welche wiederum ein guter Leiter ist, übergeht und infolgedessen die hervorgerufene Elektricität stets wieder abgeleitet wird (siehe die Erkl. 58—60).

Frage 29. Durch welches Experiment kann man darthun, dass der menschliche Körper und die Erde gute Leiter sind?

Antwort. Dass der menschliche, ebenso jeder lebende tierische Körper ein guter Leiter ist, kann man durch folgendes Experiment darthun:

Stellt man sich auf einen schlechten Leiter, z. B. auf einen Harzkuchen und man berührt einen isolierten elektrischen Körper (z. B. den Konduktor der später beschriebenen Elektrisiermaschine), so wird man die Beobachtung machen können, dass der ganze menschliche Körper ebenfalls elektrisch geworden ist (siehe Erkl. 59), dass er also auf leichte Weise die Elektricität durch Mitteilung angenommen hat, somit ein guter Leiter ist.

Stellt man sich ferner auf den Erdboden und berührt einen isolierten elektrischen Körper (z. B. wiederum den Konduktor einer Elektrisiermaschine), so wird man die Beobachtung machen können, dass jener elektrische Körper seine elektrischen Eigenschaften, z. B. kleine leichte Körperchen anzuziehen, verloren hat, dass auch der menschliche Körper keine elektrische Eigenschaft zeigt, was man sich nur dadurch deuten kann, dass sich durch Mitteilung die Elektricität über den menschlichen Körper und von da auf und über die Erde verbreitet hat, dass also auch die Erde ein guter Leiter der Elektricität ist.

Erkl. 61. Der Abt *Nollet* und dessen Freund *Dufay* zu Paris isolierten Menschen und Körper in seidenen Hängematten und zeigten, dass sich die auf diese Weise isolierten, lebenden menschlichen und tierischen Körper elektrisieren lassen, indem sie aus denselben elektrische Funken zogen (siehe den Abschnitt: Die Elektrisiermaschinen).

Erkl. 62. Auch an dem in der Erkl. 68 erwähnten Goldblattelektroskop kann man darthun, dass der menschliche Körper und die Erde gute Leiter sind. Berührt man nämlich ein durch Mitteilung elektrisiertes (geladenes) Elektroskop, so fallen die Goldblättchen sofort zusammen und das Elektroskop zeigt keine Spur von Elektricität mehr.

Erkl. 63. Dass auch die trockene Luft ein schlechter Leiter, also ein guter Isolator, die feuchte Luft ein guter Leiter ist, ergibt sich daraus, dass ein isolierter elektrischer Körper bei trockener Luft seine elektrische Eigenschaft länger beibehält, bei feuchter Luft aber bald verliert (siehe Erkl. 53).

Erkl. 64. Alle die bis jetzt angeführten Experimente, welche sich auf die Mitteilung der Elektricität, auf die Leiter, Nichtleiter und die Isolatoren beziehen, kann man sehr schön mittels Benutzung der in einem späteren Abschnitt beschriebenen Elektrisiermaschine nachweisen.

So ist z. B. der sogen. Konduktor einer Elektrisiermaschine (siehe Erkl. 34) ein isolierter Körper, welcher auf eine noch näher zu beschreibende Weise elektrisiert wird. Bringt man mit dem elektrisierten Konduktor einer Elektrisiermaschine einen Metallcylinder, welcher durch Befestigung auf einem Glasfuss oder durch Aufhängung an einer seidenen Schnur

isoliert ist, in Berührung, so zeigt sich dieser Metallcylinder in jedem Punkt seiner Oberfläche elektrisch. Bringt man den auf solche Weise elektrisierten Metallcylinder mittels eines guten Leiters (z. B. durch Berührung mit der Hand, da der menschliche Körper ein guter Leiter ist) mit dem Erdboden in leitende Verbindung, so verliert derselbe sofort seine Elektricität, da sie, wie in vorstehender Antwort erwähnt, auf die Erde abgeleitet und über dieselbe verbreitet wird.

Erkl. 65. Da mittels der guten Leiter isolierte elektrische Körper entladen werden (siehe Antwort der Frage 17), so bezeichnet man auch oft mit dem Namen gute Leiter alle diejenigen Körper, durch welche eine Entladung bewerkstelligt werden kann, bezw. welche eine Entladung durchlassen, mit dem Namen schlechte Leiter alle diejenigen, durch welche eine Entladung nicht stattfinden kann.

Frage 30. Auf welche Weise untersucht man im allgemeinen, ob ein fester Körper ein guter Leiter ist?

Antwort. Zur Untersuchung, ob ein fester (unelektrischer) Körper ein guter Leiter ist, benutzt man das in Antwort der Frage 32 unter 2). beschriebene Goldblattelektroskop (siehe die Erklärungen 20 und 68, bezw. den Abschnitt: Die Apparate zur Erkennung und Messung des elektrischen Zustandes). Berührt man nämlich den Knopf eines durch Mitteilung elektrisierten (geladenen, siehe Antw. der Frage 16) Elektroskops mit dem zu untersuchenden festen Körper, welchen man in der Hand hält, und die Goldblättchen fallen zusammen, so ist dieser feste Körper ein guter Leiter, indem sich die in dem Elektroskop enthaltene Elektricität über den festen Körper, von da über den menschlichen Körper und über die Erde verbreitet.

Je nach der Zeit, welche vergeht, bis die einem Elektroskop mitgeteilte Elektricität durch Berührung mit einem in der Hand gehaltenen festen Körper wieder abgeleitet wird, kann man die festen Körper klassifizieren in Körper mit grösserem und geringerem Leitungsvermögen (siehe Erkl. 66).

Erkl. 66. In einem späteren Abschnitt wird gezeigt, dass das Leitungsvermögen umgekehrt proportional ist der Entladungszeit.

3). Ueber die beiden entgegengesetzten elektrischen Zustände und die beiden entgegengesetzten Elektricitäten.

(Allgemeine Gesetze der elektrischen Anziehung und Abstossung.)

Frage 31. Welches Gesetz besteht in bezug auf die gegenseitige Aufeinanderwirkung zweier Körper, welche durch Mitteilung von einem und demselben elektrischen Körper elektrisiert wurden?

Antwort. In bezug auf die gegenseitige Aufeinanderwirkung zweier Körper, welche durch Mitteilung von einem und demselben elektrischen Körper, von einer und derselben Elektricitätsquelle, elektrisiert wurden, besteht das allgemeine Gesetz:

„Zwei durch Mitteilung aus derselben Quelle elektrisch gewordene Körper stossen einander ab“

und zwar ganz einerlei, auf welche Weise der diese beiden Körper durch Mitteilung elektrisierende Körper, nämlich die gemeinsame Elektricitätsquelle, elektrisch gemacht wurde.

Frage 32. Durch welche Experimente kann man das in vorstehender Antwort ausgesprochene Gesetz der elektrischen Abstossung zweier durch Mitteilung von einer und derselben Elektricitätsquelle elektrisierten Körper nachweisen?

Erkl. 67. Will man gute Leiter, wie die in nebenstehender Antwort erwähnten Pflanzenmarkkügelchen, durch Mitteilung elektrisch machen, so muss man dieselben nach Antwort der Frage 27 isolieren, also z. B. an seidenen Fäden aufhängen. Würde man dieselben z. B. an leinene oder irgend sonstige leitende Fäden aufhängen, oder auch mit der Hand berühren, also jene Kügelchen mit dem Erdboden in leitende Verbindung bringen, so würde die mitgeteilte Elektricität sofort durch diese guten Leiter auf die Erde abgeleitet werden und jene Kügelchen keine Spur von mitgeteilter Elektricität zeigen.

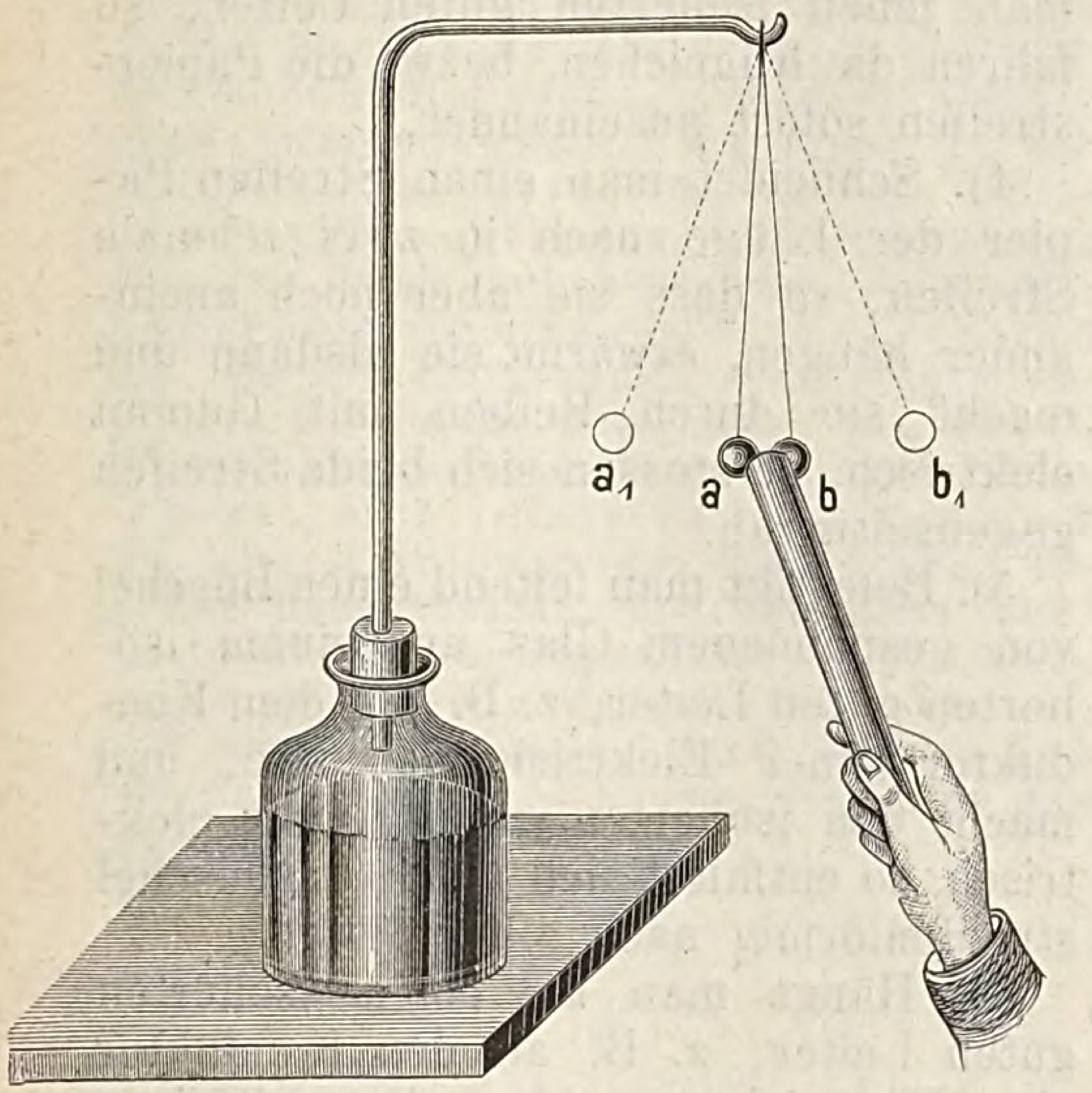
Erkl. 68. Der in nebenstehender Antwort unter 2). beschriebene und durch die Figur 6

Antwort. Das in voriger Antwort erwähnte Gesetz, nach welchem zwei durch Mitteilung aus derselben Quelle elektrisch gewordene Körper einander abstossen, kann man durch folgende Experimente beweisen:

1). Hängt man zwei Pflanzenmarkkügelchen mittels isolierender Seidefäden (siehe Erkl. 67) dicht nebeneinander auf, siehe Figur 5, und macht sie beide gleichzeitig durch Berührung mit einer durch Reibung elektrisierten Glasröhre oder Harzstange elektrisch, so werden sie durch Mitteilung aus der gemeinsamen Elektricitätsquelle elektrisch, und man wird die Beobachtung machen können, dass sie nicht allein von jener Glasröhre oder Harzstange

dargestellte Apparat ist das bereits in der Erkl. 20 erwähnte Goldblattelektroskop. Wie sich aus nebenstehender Antwort und weiter noch aus einem späteren Abschnitt ergibt, beruht dessen Einrichtung und Gebrauch, wie die aller Elektroskope, auf den in den Antworten der Fragen 10 und 31 erwähnten Gesetzen der elektrischen Anziehung und Abstossung.

Figur 5.



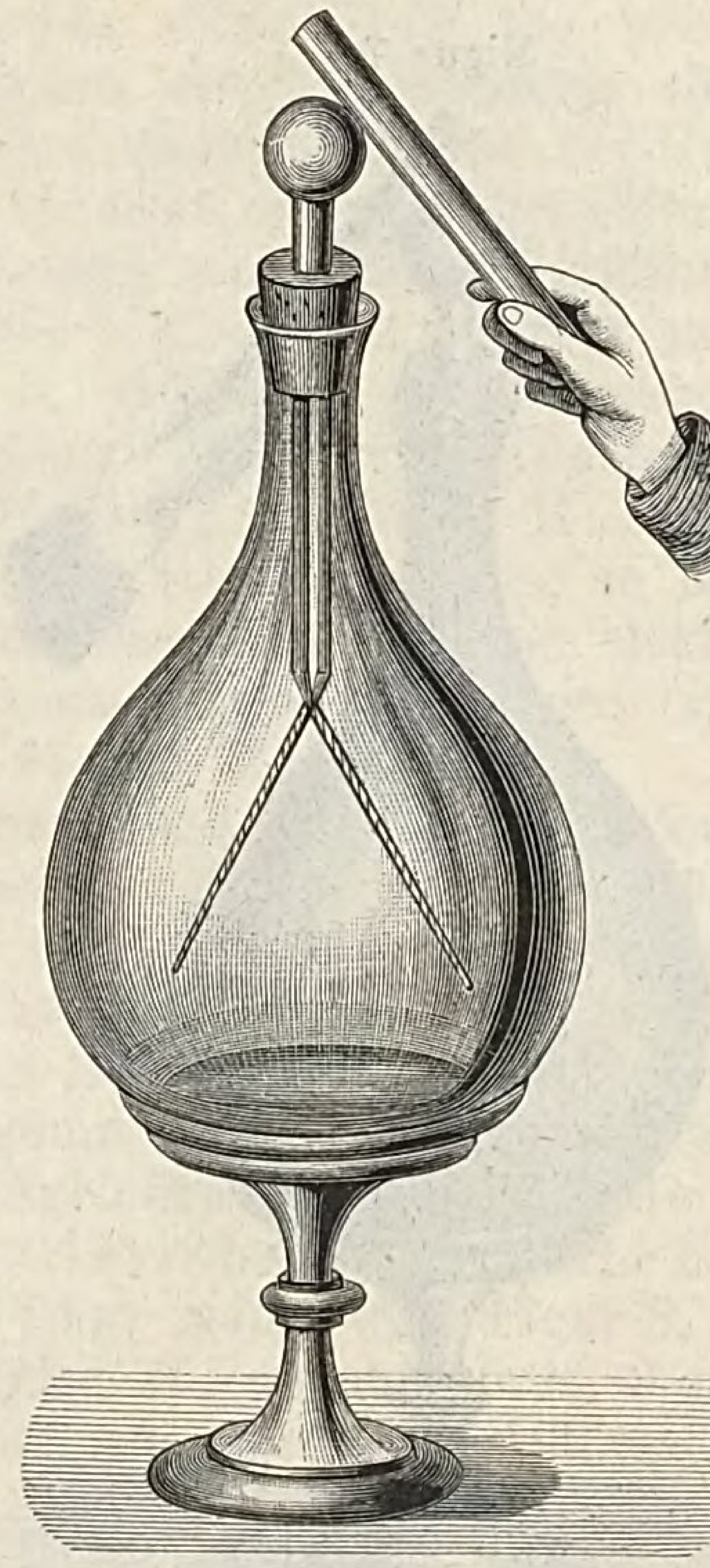
Erkl. 69. Macht man ein Elektroskop (siehe Erkl. 68) durch Mitteilung elektrisch, oder was dasselbe heisst, ladet man dasselbe, so werden die Goldblättchen oder Silberdrähte im allgemeinen, je nachdem die elektrische Ladung eine schwächere oder stärkere ist, auch eine geringere oder grössere divergierende Stellung zu einander annehmen. Hieraus ergibt sich, dass man ein Elektroskop, an welchem man z. B. mittels eines angebrachten Gradbogens, siehe Figur 7, die Grösse des Winkels ablesen kann, um welchen die Goldblättchen divergieren, als einen sogen. Elektrometer (Elektricitätsmesser) benutzen kann.

Ausführliches über Elektroskope und Elektrometer findet man in dem späteren Abschnitt: Ueber die Apparate zur Erkennung und Messung der Elektricität.

Erkl. 70. Bei der späteren Beschreibung der sogen. elektrischen Ansammlungsapparate, als der Elektrisiermaschine etc. sind diejenigen Experimente, welche am besten mittels Anwendung dieser Apparate ausgeführt werden, nochmals ausführlicher besprochen.

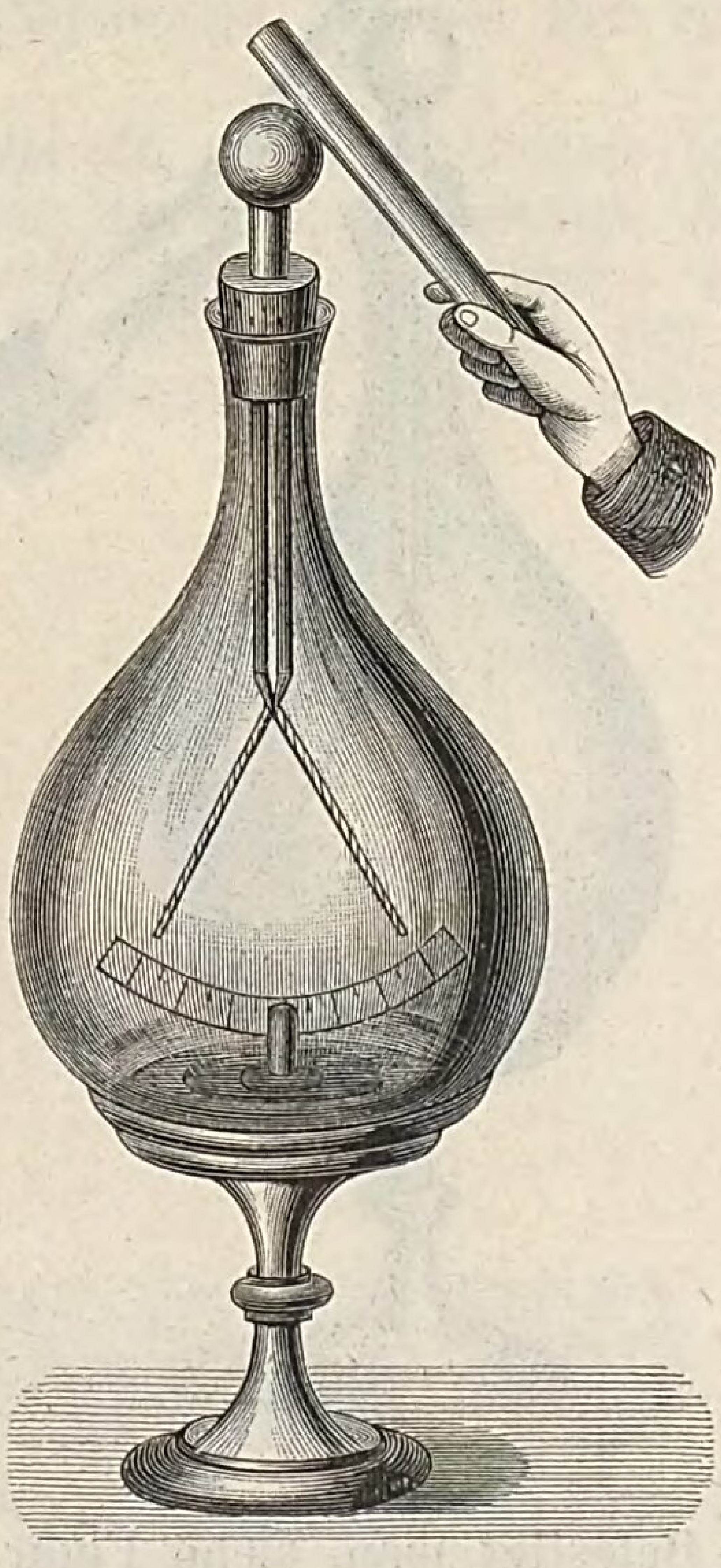
abgestossen werden, sondern dass sie sich auch untereinander abstossen.

Figur 6.



2). Befestigt man, siehe Figur 6, an dem einen Ende eines plattgeklopften Messingdrahts, dessen andres Ende in eine Messingkugel endigt, und welcher durch einen Korkstopfen gesteckt ist, zwei dünne Silberdrähte oder zwei Streifen dünnes Goldblatt, steckt alsdann den Kork in den Hals einer auf einem entsprechenden Holzgestell stehenden passenden Glaskugel, so dass die Silberdrähte oder Goldblättchen ungefähr in die Mitte der Glaskugel zu hängen kommen, befestigt alsdann Kork und Messingdraht mittels Schellack und macht die durch die Glaskugel isolierten Silberdrähte oder Goldblättchen durch Mitteilung aus einer und derselben Elektricitätsquelle elektrisch, indem man die Messingkugel mit einer geriebenen Glasröhre oder Harzstange berührt, so werden sich die Silberdrähte oder Goldblättchen sofort

Figur 7.



von einander abstossen und eine divergierende (abweichende) Stellung zu einander annehmen (siehe Erkl. 68 u. 69).

3). Hängt man an einen isolierten guten Leiter, z. B. an den Konduktor einer Elektrisiermaschine, dicht nebeneinander an leitende (leinene) Fäden zwei Pflanzenmarkkügelchen oder zwei feine Papierstreifen auf und elektrisiert man jenen isolierten guten Leiter, so fahren die Kügelchen, bezw. die Papierstreifen sofort auseinander.

4). Schneidet man einen Streifen Papier der Länge nach in zwei schmale Streifen, so dass sie aber noch aneinander hängen, erwärmt sie alsdann und macht sie durch Reiben mit Gummi elektrisch, so stossen sich beide Streifen gegenseitig ab.

5). Befestigt man leitend einen Büschel von gesponnenem Glas auf einem isolierten guten Leiter, z. B. auf dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, und macht den isolierten guten Leiter elektrisch, so entfaltet sich jener Glasbüschel strahlenförmig nach allen Seiten.

6). Hängt man an einen isolierten guten Leiter, z. B. an den Konduktor einer Elektrisiermaschine, einen mit einer feinen Oeffnung versehenen Trichter so, dass er leitend mit dem isolierten Leiter verbunden ist und macht dann den isolierten guten Leiter durch Mitteilung elektrisch, giesst gleichzeitig Wasser in den Trichter, so teilt sich das aus jener feinen Oeffnung fliessende Wasser, welches durch Mitteilung elektrisch wurde, und fällt in Form eines feinen Regens, des sogen. elektrischen Regens nieder (siehe Erkl. 70).

Frage 33. Durch welche Experimente kann man darthun, dass es zwei verschiedene und zwar zwei entgegengesetzte elektrische Zustände, mithin auch zwei entgegengesetzte Eektricitäten gibt?

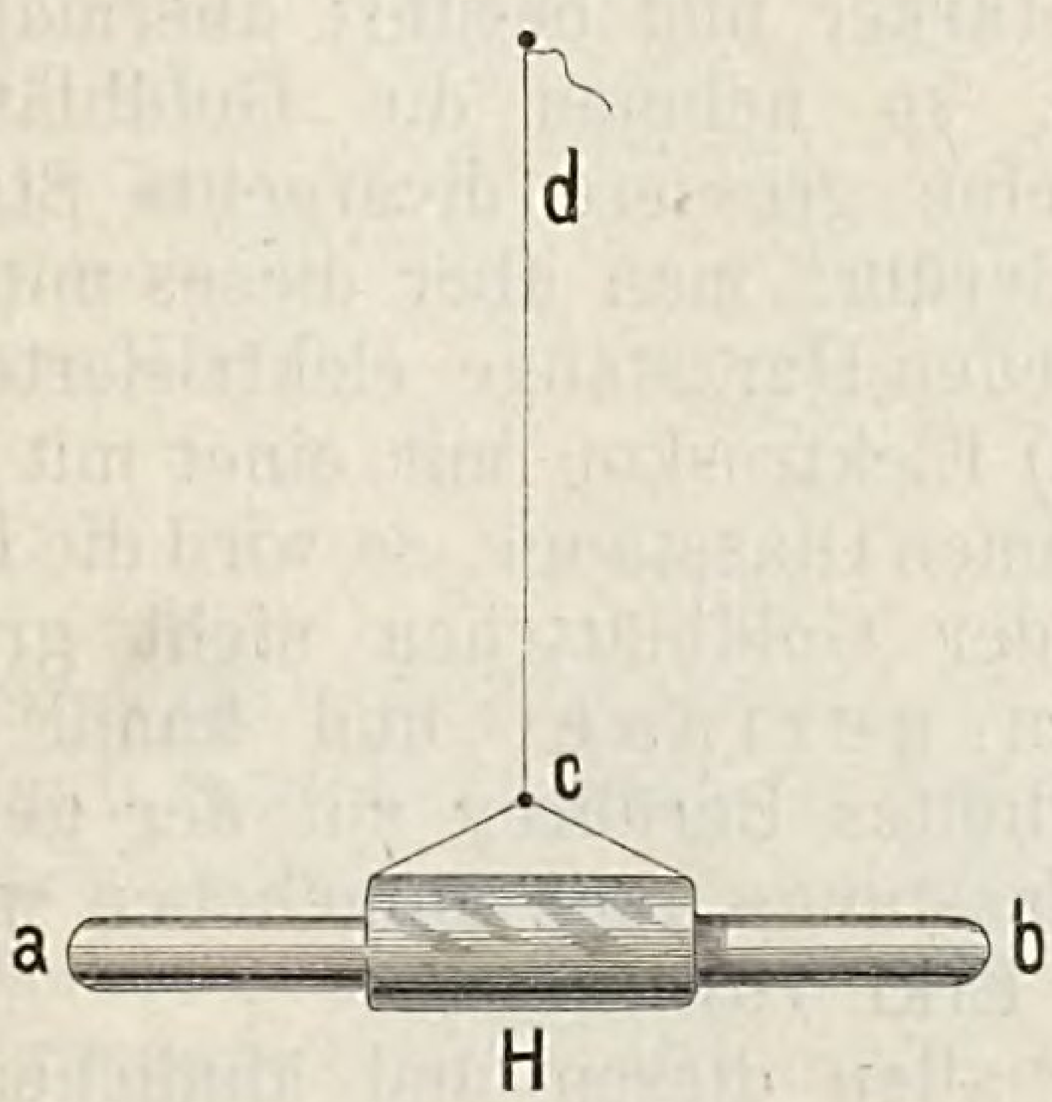
Erkl. 71. Anstatt einer geriebenen Glasröhre kann man auch geriebenen Diamant, Topas u. a. benutzen.

Antwort. Dass es zwei verschiedene und zwar zwei entgegengesetzte elektrische Zustände, somit auch zwei entgegengesetzte Elektricitäten (das sind die Ursachen jener verschiedenen elektrischen Zustände) gibt,

Erkl. 72. Man wird die Beobachtung machen, dass die in nebenstehender Antwort unter 1). erwähnte Anziehung des Kügelchens viel stärker ist als die in Antwort der Frage 2 erwähnte Anziehung, welcher sofort eine Abstossung folgt.

Erkl. 73. Aus nebenstehend unter 1). angeführtem Experiment ergibt sich, dass wenn man die Kügelchen von zwei elektrischen Pendeln, siehe Figur 5, elektrisiert und zwar das eine durch Berührung mit einer mit Seide geriebenen Glasröhre, das andre durch Berührung mit einer mit Wolle geriebenen Harzstange, das erste, also das durch Glas elektrisierte Kügelchen von der Glasröhre abgestossen, von der Harzstange aber angezogen, und dass das zweite, also das durch Harz elektrisierte Kügelchen, umgekehrt, von der Glasröhre angezogen und von der Harzstange aber abgestossen wird. Hieraus folgt, dass die durch Reibung der Glasröhre erregte Elektricität nicht dieselbe sein kann als die durch Reibung der Harzstange erregte Elektricität, und dass diese Elektricitäten entgegengesetzte sein müssen, indem sie ein entgegengesetztes Verhalten offenbaren, was man daran erkennt, dass die eine das anzieht, was die andre abstösst, und umgekehrt.

Figur 8.



Erkl. 74. Das nebenstehende unter 2). erwähnte Experiment wurde durch *Fricke* angegeben.

Erkl. 75. Aus dem nebenstehenden unter 2). angeführten Experiment kann man denselben Schluss ziehen als aus dem nebenstehend unter 1). angeführten Experiment (siehe die Erkl. 73).

Erkl. 76. Die nebenstehend unter 3). erwähnten Staubfiguren wurden von *Lichtenberg* entdeckt und werden nach ihm die Lichten-

kann man durch folgende Experimente darthun:

1). Berührt man das Kügelchen eines elektrischen Pendels, siehe Figur 3, mit einer durch Seide oder Wolle geriebenen Glasröhre, so wird jenes Kügelchen durch Mitteilung elektrisch und wird gleichzeitig von der Glasröhre abgestossen, was sich bei jedesmaliger Entfernung und wieder Berührung der Glasröhre wiederholt; bringt man alsdann in die Nähe des nunmehr durch Mitteilung elektrisierten Kügelchens eine mit Wolle geriebene Harzstange, z. B. eine Schellackstange, so beobachtet man, dass nunmehr jenes elektrisierte Kügelchen angezogen wird (siehe die Erkl. 71 und 72).

Genau dieselbe Erscheinung kann man beobachten, wenn man das Kügelchen eines andern elektrischen Pendels zuerst mit einer durch Wolle geriebenen Harzstange berührt und dann dem somit durch Mitteilung elektrisierten Kügelchen eine mit Seide geriebene Glasröhre nähert (siehe Erkl. 73).

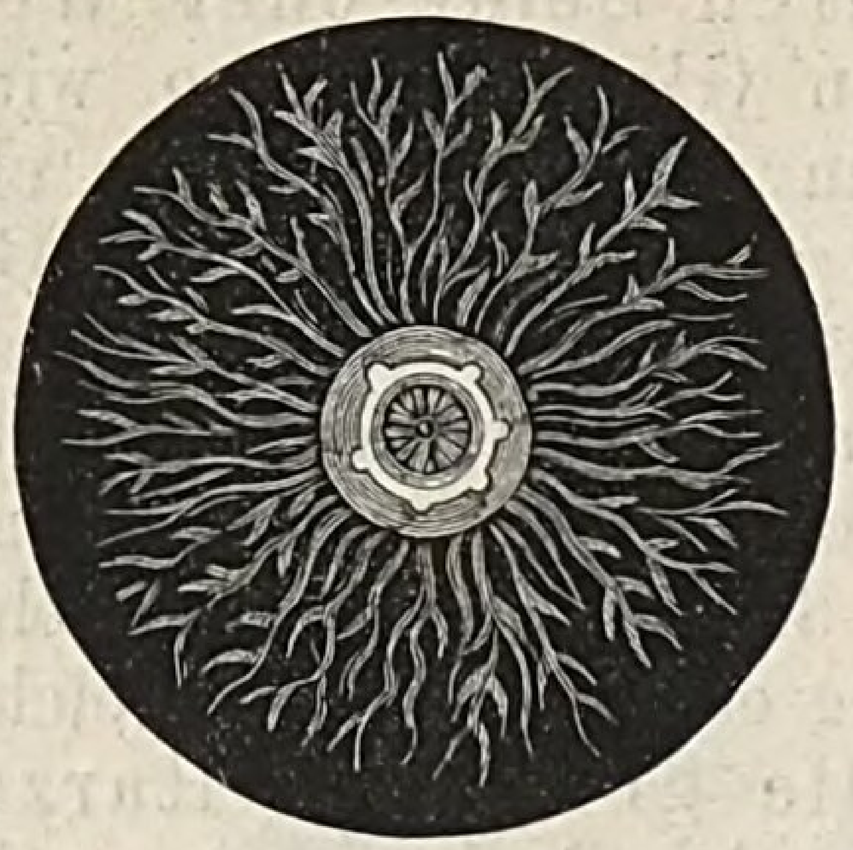
2). Legt man, siehe Figur 8, in eine Holzhülse *H*, welche circa 3 cm lang ist und an einem 60—100 cm langen, sehr dünnen Metalldraht vertikal aufgehängt ist, einen mit Seide geriebenen Glasstab so, dass er sich in horizontaler Ebene frei drehen kann, und nähert diesem elektrisierten Glasstab einen andern mit Seide geriebenen Glasstab, so wird man die Beobachtung machen, dass der erstere Glasstab von letzterem Glasstab abgestossen wird; nähert man hingegen jenem Glasstab einen mit Wolle geriebenen Harzstab, so wird man die Beobachtung machen, dass der Glasstab von dem Harzstab angezogen wird.

Genau dieselbe Erscheinung kann man beobachten, wenn man in die Hülse *H* einen mit Wolle geriebenen Harzstab einlegt und dann demselben zuerst einen Harzstab, dann einen mit Seide geriebenen Glasstab nähert (siehe die Erklärungen 74 und 75).

3). Lässt man auf eine Harzplatte einen kräftigen elektrischen Funken über-

bergischen Figuren genannt (siehe die Erklärungen 77 und 78).

Figur 9.



Figur 10.



springen und siebt auf diese Stelle der Platte aus einem leinenen Beutelchen Harzstaub, Bärlappsamen, feingepulvertes Kolophonium, Schwefelblumen oder Mennige, so ordnet sich dieser auf die Platte gesiebte Staub zu einer gesetzmässigen Figur an. War die Platte (infolge jenes Funkens, siehe Erkl. 78) durch Mitteilung aus einer mit Seide geriebenen Glasstange elektrisiert, so besteht jene Staubfigur, siehe Figur 9, aus verästelten Strahlen, welche von einem Punkt ausgehen; war hingegen die Platte durch Mitteilung aus einer mit Wolle geriebenen Harzstange elektrisiert, so hat jene Staubfigur, siehe Figur 10, die Form konzentrischer Kreise. Die Verschiedenheit dieser Staubfiguren charakterisiert die Verschiedenheit jener beiden elektrischen Zustände (s. Erkl. 76—78).

4). Berührt man den Knopf eines Goldblattelektroskops (siehe die Erkl. 68 und 69) mit einer mit Wolle geriebenen Harzstange, so werden die Goldblättchen durch Mitteilung elektrisch, stossen sich ab und bleiben in divergierender Stellung; reibt man alsdann die Harzstange noch stärker und berührt abermals den Knopf, so nehmen die Goldblättchen noch eine grössere divergente Stellung ein. Berührt man aber dieses mit einer geriebenen Harzstange elektrisierte (geladene) Elektroskop mit einer mit Seide geriebenen Glasstange, so wird die Divergenz der Goldblättchen nicht grösser, sondern geringer und kann durch wiederholtes Berühren mit der geriebenen Glasstange ganz aufgehoben werden (siehe Erkl. 79).

Aus allen diesen und ähnlichen Experimenten ergibt sich, dass die durch Reibung mit Seide (oder Wolle) im Glas erregte Elektricität durchaus nicht dieselbe ist als die durch Reibung mit Wolle in dem Harz erregte Elektricität, dass hingegen beide Elektricitäten entgegengesetzte sein müssen, worauf ihr entgegengesetztes Verhalten hinweist, indem die eine anzieht was die andre abstösst, und umgekehrt (siehe Erkl. 80).

Erkl. 77. Zu dem nebenstehend unter 3). angeführten Experiment sei erwähnt, dass wenn man im Dunkeln einen mit einer Spitze versehenen Konduktor durch eine geriebene Harzstange elektrisiert, man die Beobachtung machen kann, dass das Ausströmen der Harzelektricität aus jener Spitze in Form eines Sterns, während das Ausströmen von Glaselektricität in Form von Strahlen stattfindet (siehe Erklärung 78).

Erkl. 78. In betreff der Herstellung der durch die Figuren 9 und 10 dargestellten sogen. Lichtenbergischen Figuren und des in der Erklärung 77 erwähnten Experiments sei bemerkt, dass man hierüber ausführliches an geeigneter Stelle in späteren Abschnitten findet.

Erkl. 79. Das nebenstehend unter 4). erwähnte Experiment kann man auch umgekehrt ausführen, indem man das Elektroskop erst durch Mitteilung mit einer geriebenen Glasstange elektrisiert.

Erkl. 80. Der erste, welcher darauf hinwies, dass es zwei verschiedene und zwar zwei entgegengesetzte elektrische Zustände gibt, war *Dufay* (auch oft *Du Fay* geschrieben) im Jahre 1733.

Frage 34. Was kann man im allgemeinen von allen elektrischen Körpern in bezug auf ihr Verhalten gegen solche Körper aussagen, welche bezw. durch mit Seide oder mit Wolle geriebenes Glas oder durch mit Wolle geriebenes Harz elektrisiert sind, und welche Folgerung ergibt sich hieraus?

Antwort. In bezug auf das Verhalten aller elektrischen Körper gegen solche Körper, welche bezw. durch mit Seide geriebenes Glas oder durch mit Wolle geriebenes Harz elektrisiert wurden, kann man folgendes aussagen:

Alle elektrische Körper stossen entweder solche Körper, wie z. B. die Kügelchen elektrischer Pendel, die durch mit Seide oder Wolle geriebenes Glas elektrisiert wurden, ab und ziehen solche Körper, wie z. B. die Kügelchen elektrischer Pendel, die durch mit Wolle geriebenes Harz elektrisiert wurden, an, was man dadurch ausdrückt, indem man sagt: sie verhalten sich wie mit Seide geriebenes Glas; oder sie stossen entweder diese mit Harz elektrisierten Körper ab und ziehen jene mit Glas elektrisierten Körper an, was man dadurch ausdrückt, indem man sagt: sie verhalten sich wie mit Wolle geriebenes Harz. Hieraus ergibt sich die Folgerung, dass es zwei, aber nur zwei einander entgegengesetzte elektrische Zustände, bezw. dass es zwei und nur zwei entgegengesetzte Elektricitäten gibt.

Frage 35. Welche besonderen Namen gab man den beiden, in den vorigen Antworten erwähnten, entgegengesetzten elektrischen Zuständen, bezw. den beiden entgegengesetzten Elektricitäten und welche Bezeichnungen führte man für letztere ein?

Erkl. 81. Das Kienmaiersche Amalgam, oft auch Zink-Zinn-Amalgam genannt, wird erhalten, indem man 1 Gewichtsteil Zink, 1 Gewichtsteil Zinn und 2 Gewichtsteile Quecksilber zusammenschmilzt und die erhaltene Mischung fein pulvert. Unter Amalgam versteht man im allgemeinen mit Metall verbundenes Quecksilber.

Antwort. Früher war man der Meinung, dass ein und derselbe Körper nur einen der in voriger Antwort erwähnten elektrischen Zustände, bezw. nur eine der erwähnten Elektricitäten annehmen könne und dass sich jeder elektrische Körper entweder nur verhalte wie geriebenes Glas oder wie geriebenes Harz (siehe Antw. der Frage 34) und nannte deshalb die eine dieser Elektricitäten Glaselektricität, die andre Harzelektricität.

Da sich nun indessen herausgestellt hat (siehe Antw. der folgenden Frage 36),

Erkl. 82. Damit das Kienmaiersche Amalgam auf dem Leder haften bleibt, mit welchem Glas gerieben werden soll, bestreicht man das Leder vorher mit etwas Fett (Talg oder besser noch mit Knochenöl) und trägt dann das frisch gepulverte Amalgam durch Streichen mittels eines Korks auf. Um dasselbe gleichmässig zu verteilen, faltet man das mit Amalgam bestrichene Leder zusammen und reibt die bestrichenen Teile gegeneinander; man erhält so eine auf dem Leder festhaftende Metallschicht.

Erkl. 83. Welche der beiden Elektricitäten man die positive und welche man die negative nennt, das bleibt sich im allgemeinen ganz gleich, da sich der Gegensatz beider Elektricitäten nur in ihrem gegenseitigen Verhalten erkennen lässt, sonst aber beide Elektricitäten sich ganz gleich verhalten (siehe Antwort der Frage 31).

Wie in nebenstehender Antwort erwähnt, nennt man die sogen. Glaselektricität die positive, die Harzelektricität die negative. Diese Bezeichnung hätte auch umgekehrt stattfinden können.

Warum man gerade die Glaselektricität als die positive bezeichnet, das besteht auf einem stillschweigenden Uebereinkommen aller Physiker.

Erkl. 84. Die Benennungen Glas- und Harzelektricität sind, als nicht bestimmt genug, zu verwerfen und wird deshalb im nachfolgenden nur von positiver und negativer Elektricität die Rede sein.

dass jeder Körper beide Elektricitäten annehmen kann, dass somit jene Benennungen keine ganz bestimmten sind, und da jene beiden elektrischen Zustände, bezw. jene beiden Elektricitäten entgegengesetzte sind, so gab man später, wie den entgegengesetzten Grössen in der Algebra, der im Glas durch Reibung mit Seide (Wolle) oder besser noch durch Reibung mit dem sogenannten Kienmaierschen Amalgam (siehe Erklärung 81 und 82) erregten Elektricität, welche immer ein und dieselbe ist (siehe die Antw. der folgenden Frage 36 und die Erkl. 90), den Namen positive Elektricität und im Gegensatz hierzu der im Harz durch Reibung mit Wolle erregten Elektricität, welche auch immer dieselbe ist, den Namen negative Elektricität (siehe Erkl. 83 und 84).

Je nachdem ein elektrischer Körper positive (Glaselektricität) oder negative Elektricität (Harzelektricität) zeigt, sagt man er ist positiv elektrisch, bezw. er befindet sich im positiven elektrischen Zustand, oder er ist negativ elektrisch, bezw. befindet sich im negativen elektrischen Zustand.

Die positive Elektricität (also die Glaselektricität) bezeichnet man durch $+E$; die negative Elektricität (also die Harzelektricität) bezeichnet man durch $-E$.

Frage 36. Durch welche Experimente kann man darthun, dass im Glas, bezw. im Harz nicht immer ein und dieselbe Elektricität durch Reiben erregt wird?

Erkl. 85. Das in nebenstehender Antwort unter 1). angeführte Experiment wurde von dem Physiker *Heintz* angegeben.

Erkl. 86. Das nebenstehend unter 1). erwähnte Experiment kann man auch ausführen, wenn man den Glasstab konzentrierter Schwefel- oder Salpetersäure aussetzt (siehe Erkl. 87).

Erkl. 87. Reibt man bei dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment anhaltend und stärker (oder wascht die erwärmte Glasröhre mit Wasser, oder Alkohol, oder Aetzkali, bezw. mit Kalihydrat ab), so verliert die Glasröhre

Antwort. Dass im Glas, bezw. im Harz nicht immer ein und dieselbe Elektricität durch Reiben erregt wird, kann man durch folgende Experimente darthun:

1). Reibt man eine Glasstange kräftig mit Wolle, Seide oder Leder, so wird sie positiv elektrisch; reibt man hingegen eine Glasstange nur schwach (siehe die Erkl. 85—87) mit Wolle oder Leder, nachdem man sie vorher mehrmals durch eine Weingeistflamme gezogen und sie hierdurch von der an ihr haftenden Luftschicht befreit hat, so wird sie negativ elektrisch.

ihren negativen elektrischen Zustand und nimmt den vorigen Zustand wieder an.

Erkl. 88. Glas wird durch Reibung fast immer positiv elektrisch, wird es aber z. B. mit Raubtierpelz (Katzenpelz) oder einigen besonderen Kristallen gerieben, so wird es negativ elektrisch.

Erkl. 89. Matt geschliffenes Glas wird durch Reiben mit Schwefel, Wachs, Metalle, Alkohol, Aether und Harzen positiv elektrisch; sobald es aber mit Raubtierpelz, mit Wolle, Federn, Holz, Papier und mit der trockenen Hand gerieben wird, so wird es negativ elektrisch.

Erkl. 90. Reibt man einen zur Hälfte mit Schmirgel oder Sand matt geschliffenen Glasstab mit dem Kienmaierschen Amalgam, so werden beide Hälften desselben positiv elektrisch. Ueberhaupt wird jedes Glas, mit jenem Amalgam gerieben, stets positiv elektrisch. Vergleiche hiermit das in nebenstehender Antw. unter 2). erwähnte Experiment.

Erkl. 91. Das in nebenstehender Antwort unter 3). angeführte Experiment wurde von *Greis* angegeben.

Erkl. 92. Unter Pyroxylinpapier versteht man ein Papier, das mittels Auflösens einer Art des Pyroxylins, d. i. Schiessbaumwolle, hergestellt wird und explosive Eigenschaft wie die Schiessbaumwolle hat.

Erkl. 93. Das in nebenstehender Antwort unter 4). angeführte Experiment wurde von *Poggendorff* angegeben.

Poggendorff wies ferner nach, dass Ebonit, Guttapercha, Schellack, Kautschuk, Kolophonium, Schwefel, Seide, Kolodium, Pyropapier etc. durch Reiben mit den später erwähnten sogen. elektronegativen Metallen, als Silber, Gold, Platin etc. positiv, und mit den sogen. elektropositiven Metallen, als Eisen, Zink, Kadmium etc. negativ elektrisch gemacht werden können.

Erkl. 94. Das nebenstehend unter 5). erwähnte Experiment rührt von *Péclet* her.

Erkl. 95. Das nebenstehend unter 6). erwähnte Experiment wurde von *Faraday* angegeben. Dem Namen *Faraday* begegnet man in den Elektricitätslehren sehr oft.

Michael Faraday war ein berühmter englischer Physiker, geb. 1791 in Newington, † 25. August 1867. Er ist der Erfinder der später besprochenen elektrischen Erregung durch magnetische Kraftwirkung.

Erkl. 96. Metalle in blankem Zustand werden nach den Angaben von *De la Rive* negativ elektrisch, wenn sie mit Elfenbein, Horn, Kork, Harzen, Kautschuk und Siegellack

2). Reibt man einen Glasstab, welcher zur Hälfte matt geschliffen ist, mit Wolle, so wird die matt geschliffene Hälfte negativ, die andre Hälfte aber positiv elektrisch (siehe die Erkl. 88—90).

3). Reibt man eine Stange Harz, z. B. Schellack oder Siegellack mit Wolle, so wird das Harz negativ elektrisch; reibt man sie hingegen mit Zunder oder Kork, so wird das Harz positiv elektrisch (siehe Erkl. 91).

4). Reibt man Ebonit, Hartgummi oder Pyroxylinpapier (Pyropapier, siehe Erkl. 92) sanft mit dem Kienmaierschen Amalgam, so werden jene Körper positiv elektrisch; reibt man hingegen jene Körper mit organischen Substanzen, z. B. mit den trockenen Fingern, so werden sie stark negativ elektrisch (siehe die Erkl. 93 und 94).

5). Reibt man eine Glasstange nur schwach mit Kattun oder Leinwand, so wird sie positiv elektrisch; reibt man hingegen mit denselben Stoffen stark, so wird die Glasstange negativ elektrisch (siehe Erkl. 95).

6). Streicht man eine Schreibfeder leicht gegen ein trockenes Segeltuch, so wird sie stark negativ elektrisch; zieht man sie hingegen unter starkem Druck durch eine Falte desselben, so wird sie stark positiv elektrisch (siehe Erkl. 96).

7). Reibt oder peitscht man Glas der Länge nach mit Haaren (Raubtierpelz), so wird es negativ elektrisch; reibt man es hingegen der Quere nach mit Haaren, indem man es z. B. durch eine Haarschlinge zieht, so wird es positiv elektrisch.

8). Zerbricht man ein Stück Harz oder Glas (oder ein Stück irgend eines andern nicht leitenden Körpers) und reibt die beiden Stücke aneinander, so werden beide elektrisch und zwar das eine positiv, das andre negativ.

Aus vorstehenden Experimenten und aus den in nebenstehenden Erklärungen erwähnten Experimenten ergibt sich, dass der durch Reiben erregte elektrische Zustand besonders abhängig ist von der Oberfläche (siehe Erkl. 96

gerieben werden; bildet sich jedoch auf den Metallen die kleinste Oxydschicht, so werden sie durch Reiben mit jenen Körpern positiv elektrisch.

Erkl. 97. Glasflächen, welche frisch sind, nehmen durch Reiben viel schwerer den elektrischen Zustand an, als wenn ihre Oberfläche längere Zeit der Luft ausgesetzt war, bezw. als wenn sie älter geworden sind. Matt geschliffene Glasflächen verhalten sich in dieser Beziehung sehr verschieden.

Erkl. 98. Wie sich aus den nebenstehend unter 1)., 5)., 6). und 7). erwähnten Experimenten ergibt, ist die Art der durch Reiben erregten Elektricität auch von der Weise des Reibens abhängig.

und 97) und dass er, je nachdem, bei einem und demselben Körper ein verschiedener sein kann (siehe Erkl. 98).

Frage 37. Wann sagt man, zwei Körper sind gleichnamig elektrisch, bezw. gleichnamig elektrisiert; oder sie sind ungleichnamig elektrisch, bezw. ungleichnamig elektrisiert?

Antwort. Man sagt: zwei Körper sind gleichnamig elektrisch oder gleichnamig elektrisiert, wenn sie beide nur positive oder nur negative Elektricität zeigen, bezw. nur mit solchen Elektricitäten geladen sind; im Gegensatz hierzu sagt man: zwei Körper sind ungleichnamig elektrisch oder ungleichnamig elektrisiert, wenn einer derselben positive, der andre aber negative Elektricität zeigt, bezw. wenn der eine mit positiver, der andre mit negativer Elektricität geladen ist.

Frage 38. Welches Gesetz besteht in bezug auf die gegenseitige Aufeinanderwirkung zweier Körper, welche durch Mitteilung von zwei ungleichnamigen elektrischen Körpern elektrisiert wurden?

Antwort. In bezug auf die Aufeinanderwirkung zweier Körper, welche durch Mitteilung von zwei ungleichnamig elektrischen Körpern elektrisiert wurden, besteht das allgemeine Gesetz:

„Zwei durch Mitteilung aus zwei verschiedenen Quellen ungleichnamig elektrisierte Körper ziehen einander an".

Frage 39. Wie lassen sich die in den Antworten der Fragen 31 und 38 aufgestellten Gesetze zusammenfassen, und welchen gemeinschaftlichen Namen führen diese so zusammengefassten Gesetze?

Antwort. Die in den Antworten der Fragen 31 und 38 aufgestellten Gesetze kann man wie folgt zusammenfassen:

Erkl. 99. Nebenstehendes Gesetz der elektrischen Anziehung und Abstossung ist analog dem aus der Lehre des Magnetismus bekannten Gesetze der Polarität:

„Gleichnamige Pole (Magnetismen) stossen sich ab, ungleichnamige Pole (Magnetismen) ziehen sich an“.

(Siehe Kleyers Lehrbuch des Magnetismus, Abschnitt: Ueber die Anziehung und Abstossung der Pole zweier Magnete.)

Erkl. 100. Die Gesetze der elektrischen Anziehung und Abstossung kann man an einer Reihe interessanter elektrischer Experimente, wie z. B. an dem elektrischen Puppentanz, dem elektrischen Kugeltanz, dem elektrischen Ball, dem elektrischen Glockenspiel, der elektrischen Schaukel und Spinne, dem elektrischen Regen u. a. m. nachweisen. Weiteres über diese Experimente findet man in einem späteren Abschnitt.

„Gleichnamig elektrische oder elektrisierte Körper stossen einander ab, ungleichnamig elektrische oder elektrisierte Körper ziehen einander an“.

Da den Ursachen der verschiedenen elektrischen Zustände der Körper, bezw. den Elektricitäten, wie sich aus allen den vorgeführten Experimenten ergibt, eine wirkliche Existenz, d. h. eine Materialität beigelegt werden muss (siehe den späteren Abschnitt: Ueber das Wesen der Elektricität), so sagt man auch:

„Gleichnamige Elektricitäten stossen sich ab, ungleichnamige Elektricitäten ziehen sich an oder vereinigen sich“.

In dieser Zusammenfassung führen jene Gesetze den gemeinschaftlichen Namen: „Das Gesetz der elektrischen Anziehung und Abstossung“ (siehe die Erkl. 99 und 100).

Frage 40. Durch welche Experimente kann man darthun, dass sich zwei ungleichnamig elektrische Körper anziehen, bezw. dass sich die ungleichnamigen Elektricitäten zu vereinigen suchen?

Antwort. Dass sich zwei ungleichnamig elektrische Körper anziehen, bezw. dass sich die ungleichnamigen oder entgegengesetzten Elektricitäten zu vereinigen suchen, kann man durch folgende Experimente darthun:

1). Hängt man zwei isolierte Pflanzenmarkkügelchen in kleiner Entfernung von einander auf und macht das eine mittels einer mit Amalgam geriebenen Glasstange positiv, das andre mittels einer mit Wolle geriebenen Harzstange negativ elektrisch, so ziehen sich beide Kügelchen an und zeigen sich beide nach der Berührung unelektrisch oder nur noch sehr wenig elektrisch, woraus sich schliessen lässt, dass sich die beiden ungleichnamigen oder entgegengesetzten Elektricitäten vereinigt haben.

2). Macht man, wie unter 4). in Antwort der Frage 33 erwähnt wurde, ein Elektroskop durch Berührung mit einer mit Amalgam geriebenen Glasstange positiv elektrisch und berührt dann das Elektroskop mittels einer mit Wolle ge-

riebenen Harzstange, so wird man wahrnehmen, dass die vorher durch die positive Elektricität hervorgerufene Divergenz der Goldblättchen sich vermindert, dass dieselbe bei wiederholter Berührung mit der geriebenen Harzstange = Null wird, woraus sich ebenfalls schliessen lässt, dass sich die entgegengesetzten Elektricitäten im Elektroskop vereinigt oder neutralisiert haben.

3). Macht man von zwei gleichen Elektrometern (siehe Erkl. 69) das eine positiv (glas-), das andre gleich stark negativ (harz-) elektrisch und man bringt beide Elektrometer in Berührung, so zeigen sie nach der Berührung keine Elektricität mehr, woraus sich wiederum schliessen lässt, dass sich die entgegengesetzten Elektricitäten zu vereinigen oder zu neutralisieren suchen.

Frage 41. Welches Gesetz benutzt man zur Erkennung der Art des elektrischen Zustands eines Körpers und wie verfährt man im allgemeinen, um dieselbe zu erkennen?

Antwort. Zur Erkennung der Art des elektrischen Zustands eines Körpers, nämlich ob derselbe positiv oder negativ elektrisch ist, benutzt man das in Antwort der Frage 39 aufgestellte Gesetz:

„Gleichnamig elektrische Körper stossen einander ab, ungleichnamig elektrische Körper ziehen einander an“.

Um die Art des elektrischen Zustands eines Körpers zu erkennen, verfährt man im allgemeinen wie folgt:

1). Man bringt den elektrischen Körper in die Nähe des Kügelchens eines elektrischen Pendels, welches vorher durch Mitteilung mittels eines mit Kienmaierschem Amalgam geriebenen Glasstabs, oder mittels einer mit Wolle geriebenen Harzstange, positiv, bezw. negativ elektrisch gemacht wurde; wird nun das positiv elektrische Kügelchen abgestossen, bezw. das negativ elektrische Kügelchen angezogen, so ist jener zu untersuchende Körper positiv elektrisch; wird hingegen das positiv elektrische Kügelchen angezogen, bezw. das negativ elektrische Kügelchen ab-

gestossen, so ist jener zu untersuchende Körper negativ elektrisch, oder

2). Man ladet ein Elektroskop (siehe Erkl. 68 und 69) durch Mitteilung mit der Elektricität des zu untersuchenden Körpers und untersucht dann, ob eine mit Amalgam (oder mit Wolle) geriebene Glasstange die Divergenz der Goldblättchen vergrössert; ist dies der Fall, so ist das Elektroskop, bezw. der elektrische Körper positiv elektrisch (glaselektrisch); wird hingegen die Divergenz der Goldblättchen verringert oder dadurch vergrössert, dass man eine mit Wolle geriebene Siegellackstange mit dem Elektroskop in Verbindung bringt, so ist der elektrische Körper negativ elektrisch (harzelektrisch), oder

3). Man ladet ein Elektroskop mit positiver oder negativer Elektricität, indem man es entweder mit einer mit Amalgam geriebenen Glasstange oder mit einer mit Wolle geriebenen Harzstange in Verbindung bringt und untersucht dann, ob die Divergenz der Goldblättchen, wenn das Elektroskop mit dem zu untersuchenden elektrischen Körper in Berührung gebracht wird, sich vergrössert oder verringert. In letzterem Falle ist aus später angeführten Gründen zu empfehlen, das Elektroskop auch mit der ersteren entgegengesetzten Elektricität zu laden und dann nochmals zu untersuchen, ob die Divergenz der Goldblättchen bei der Berührung des Elektroskops mit dem elektrischen Körper vermehrt wird. Ob nach diesem Experiment der zu untersuchende Körper + oder — elektrisch ist, ergibt sich, je nachdem das Elektroskop mit + oder — E geladen war und der demselben genäherte und zu untersuchende elektrische Körper die Divergenz der Goldblättchen vergrössert oder verringert, bezw. verringert oder vergrössert.

Erkl. 101. Mittels des Elektroskops (siehe Erkl. 68), bezw. mittels des Elektrometers (siehe Erkl. 69) kann man nachweisen, dass bei dem Elektrisieren durch Mitteilung der elektrisierte Körper stets dieselbe Elektricität annimmt, welche der elektrisierende Körper zeigt und dass der elektrische Zustand des elektrisierenden Körpers geschwächt wird.

Frage 42. Was kann man in bezug auf die Körper aussagen, mit welchen eine Glas- oder Harzstange durch Reibung elektrisiert wurde und welche Folgerung lässt sich hieraus schliessen?

Antwort. Bei dem Elektrisieren eines Körpers durch Reibung kann man die Beobachtung machen, dass stets der ge-

riebene Körper den einen, der reibende Körper, das sogen. Reibzeug, den andern elektrischen Zustand annimmt, woraus man die Folgerung schliessen kann, dass beide elektrische Zustände stets gleichzeitig auftreten (siehe Erkl. 102) und dass bei der Reibung zweier Körper aneinander der eine positiv, der andre negativ elektrisch wird.

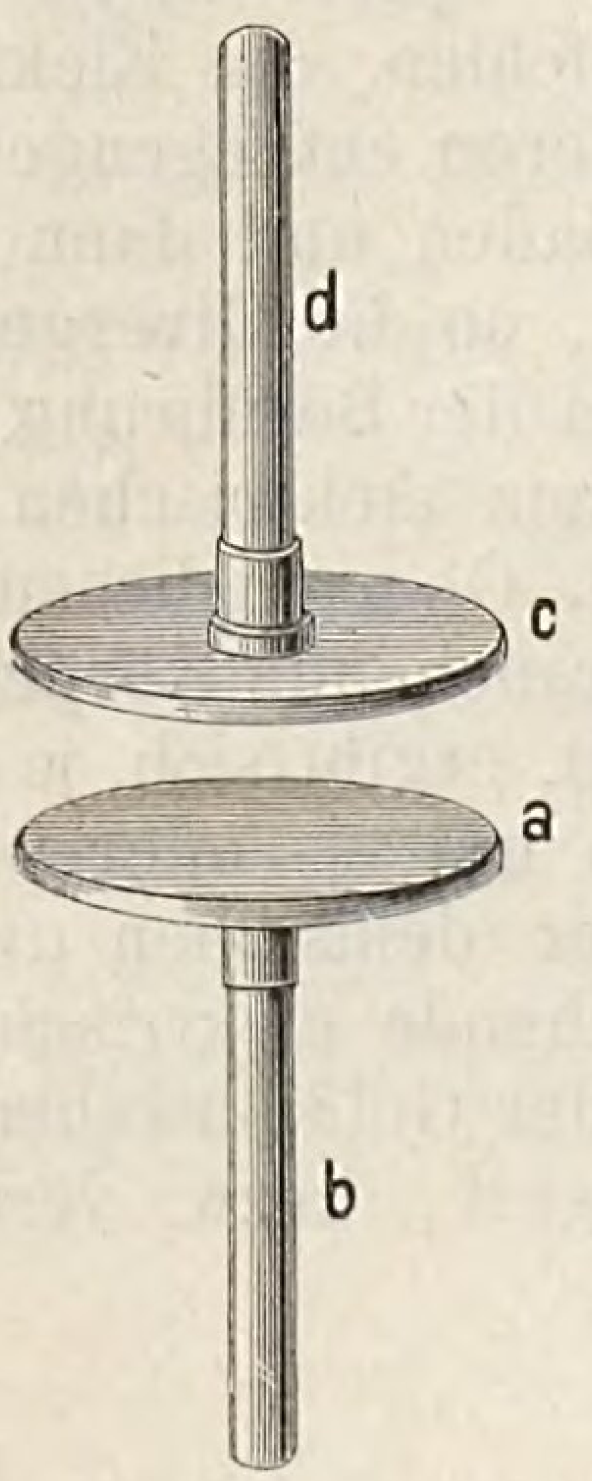
Erkl. 102. Ueber das gleichzeitige Auftreten der beiden elektrischen Zustände siehe den späteren Abschnitt: Ueber die elektrische Influenz.

Frage 43. Durch welche einfache Experimente kann man darthun, dass beim Elektrisieren durch Reibung stets gleichzeitig die beiden elektrischen Zustände auftreten?

Erkl. 103. Will man die Beobachtung machen, dass der reibende Körper ebenfalls einen der beiden elektrischen Zustände annimmt, so muss man denselben beim Reiben isolieren, also dafür Sorge tragen, dass er nicht mit der Erde in leitender Verbindung steht.

Erkl. 104. Bei dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment ist das Reibzeug, hier das Amalgam, durch das Leder, auf welches das Amalgam aufgetragen ist, isoliert (siehe Erkl. 103).

Figur 11.



Erkl. 105. Benutzt man bei dem in nebenstehender Antwort unter 2). angeführten Experiment Wollenzeug statt dem amalgamierten Kautschuk oder Leder, so beobachtet man, dass das auf der Metallscheibe *a*, siehe Fi-

Antwort. Dass beim Elektrisieren durch Reibung stets gleichzeitig die beiden entgegengesetzten elektrischen Zustände auftreten, kann man durch folgende einfache Experimente darthun:

1). Macht man einen Glasstab durch Reiben mit einem dicken, mit Kienmaierschem Amalgam bestrichenen Stück Leder oder Kautschuk positiv elektrisch und nähert den so elektrisierten Glasstab dem Kügelchen eines elektrischen Pendels, welches vorher durch Mitteilung negativ elektrisch gemacht wurde, so wird dasselbe angezogen. Nähert man hingegen jenes Stück Leder oder Kautschuk, das Reibzeug, dem Kügelchen eines andern elektrischen Pendels, welches ebenfalls vorher durch Mitteilung negativ elektrisch gemacht wurde, so wird dieses Kügelchen abgestossen. Hieraus ergibt sich, dass der geriebene Glasstab positiv, das Reibzeug negativ elektrisch geworden ist, dass somit beide elektrische Zustände gleichzeitig auftraten (siehe Erkl. 103 und 104).

2). Befestigt man, siehe Figur 11, auf einer Metallscheibe *a*, welche mit einem gläsernen Handgriff *b* versehen ist, ein Leder, bestreicht dasselbe mit dem Kienmaierschen Amalgam und reibt letzteres dann mit einer an einem Glasgriff *d* angebrachten Glasscheibe *c*, so kann man an einem Elektroskop leicht ersehen, dass die Glasscheibe *c* positive Elektricität, das Amalgam auf der Metallscheibe *a* aber negative Elektricität zeigt und zwar dass beide elektrische

gur 11, befestigte Wollenzeug negativ, die Glasscheibe *c* positiv elektrisch wird.

Erkl. 106. Nimmt man statt der Glasscheibe *c*, siehe Figur 11, eine Harzscheibe und befestigt auf der Metallscheibe *a* Wollenzeug, so wird nach dem Reiben beider Scheiben aufeinander das Wollenzeug positiv, das Harz negativ elektrisch.

Erkl. 107. Reibt man die Glasscheibe *c* und die Metallscheibe *a*, siehe Figur 11, direkt aneinander, so wird das Glas positiv, das Metall negativ elektrisch.

Erkl. 108. Nimmt man statt der Glasscheibe *c*, siehe Figur 11, eine Harzscheibe und reibt dieselbe direkt auf der Metallscheibe *a*, so wird das Metall positiv, das Harz negativ elektrisch.

Erkl. 109. Katzenpelz wird beim Reiben immer positiv elektrisch, alle andern Körper nehmen, je nachdem (siehe die Erkl. 105 bis 108), verschiedene elektrische Zustände an.

Zustände beinahe gleich stark sind (siehe die Erkl. 105—109).

Frage 44. Was versteht man unter der sogen. Spannungsreihe in der Reibungselektricität?

Antwort. Da, wie sich aus der Antwort der Frage 42 ergibt, bei dem Elektrisieren eines Körpers der geriebene Körper den einen, das Reibzeug den andern elektrischen Zustand annimmt, so versuchte man in bezug auf die Art der Elektricität, welche zwei Körper bei gegenseitiger Reibung annehmen, eine Beziehung aufzustellen, jedoch vergebens, indem sich, wie die in den Erkl. 105—109 angeführten Experimente zeigen, stets abweichende Resultate ergaben (siehe Erkl. 113 und 114) und kam schliesslich wenigstens dazu, die wichtigsten bei der Reibungselektricität in Betracht kommenden Körper in einer Reihe geordnet zusammenzustellen und zwar derart, dass wenn irgend ein Körper der Reihe von einem andern nachfolgenden gerieben wird, derselbe positiv, mit einem vorhergehenden gerieben aber negativ elektrisch wird (siehe Erkl. 110 u. 111). Eine solche Reihe erhielt den Namen Spannungsreihe.

Der erste, welcher eine derartige Reihe aufstellte, war *Faraday*. Die von *Faraday* aufgestellte Reihe, sogen. Faradaysche Reihe ist:

Erkl. 110. Aus nebenstehender Antwort und der in derselben aufgestellten Faradayschen Spannungsreihe ergibt sich, dass z. B. Glas mit Katzenfell gerieben negativ, mit Seide gerieben aber positiv elektrisch wird.

Erkl. 111. Je weiter in nebenstehender Reihe zwei Körper auseinanderstehen, desto mehr Elektricität entwickeln sie, wenn man sie aneinander reibt.

Erkl. 112. Die in nebenstehender Antwort aufgestellte Spannungsreihe ist durchaus nicht zuverlässig, indem sich bei andern diesbezüglichen Experimenten andre Reihenfolgen ergaben. Es lassen sich also in dieser Hinsicht keine absolut gewisse Angaben machen, da es nicht allein auf die Substanz eines Körpers ankommt, sondern auch auf die Reinheit derselben und, wie früher bereits angegeben, die Beschaffenheit der Oberfläche der Körper bedeutenden Einfluss auf die Art der Elektricität hat (siehe Erkl. 113 und 114).

Erkl. 113. Der Physiker *Th. Young* stellte aus den Versuchen *Lichtenbergs* folgende Spannungsreihe auf:

+
poliertes Glas
Haare
Wolle
Federn

Papier
Holz
Wachs
Siegellack
mattes Glas
Metalle
Harz
Seide
Schwefel
—

Erkl. 114. Der Physiker *von Ritter* stellte folgende Spannungsreihe auf:

+
Katzenfell
Diamant
Kaninchenhaar
Hasenfell
Turmalin
Glas
Wolle
Papier
weisse Seide
schwarze Seide
Siegellack
Kolophonium
Bernstein
Schwefel
—

Erkl. 115. Die in nebenstehender Faradayscher Spannungsreihe angeführten Körper: Kautschuk, Siegellack, Guttapercha, elektrisches Papier, Kollodium und Schiessbaumwolle wurden von dem Physiker *Riess* eingeschaltet.

Erkl. 116. Die Bezeichnung elektrisches Papier rührt von *Schönbein* her. Elektrisches Papier ist Papier, welches in konzentrierte Salpetersäure eingetaucht, dann abgewaschen und getrocknet wird, wodurch es eine pergamentartige Beschaffenheit annimmt. Das elektrische Papier hat, wie man aus nebenstehender Spannungsreihe ersieht, sehr ausgeprägte negativ elektrische Eigenschaften (siehe auch Erkl. 92).

+
Katzen- und Bärenfell
Flanell
Elfenbein
Federkiele
Bergkristall
Flintglas
Baumwolle
Leinwand
weisse Seide
die (trockene) Hand
Holz
Lack
Eisen, Kupfer, Messing, Zinn, Silber, Platin
Kautschuk
Siegellack
Schwefel
Guttapercha
elektrisches Papier
Kollodium
Schiessbaumwolle
(siehe Erkl. 115 und 116 für Kautschuk bis Schiessbaumwolle)
—

4). Ueber das Wesen der Elektricität.

(Hypothesen.)

Frage 45. Auf welche Weise versuchte man sich die bisher erwähnten elektrischen Erscheinungen zu erklären?

Antwort. Um sich die seither erwähnten und auch die noch folgenden elektrischen Erscheinungen zu erklären, nahm man im allgemeinen an, dass die Elektricität selbst ein unwägbares (imponderables) Fluidum, sogenanntes

elektrisches Fluidum sei, das von den materiellen Teilchen eines Körpers vollständig unabhängig, demselben aber beliebig gegeben und genommen werden kann und somit die elektrischen Eigenschaften eines Körpers bedingt (siehe die Erkl. 117 und 118).

In bezug auf die Art und Weise, nach welcher das elektrische Fluidum in dem Körper enthalten und die Ursache der elektrischen Erscheinungen ist, bestehen zwei Hypothesen, nämlich die in den Jahren 1750—1755 von *Aepinus* und *Benjamin Franklin* (siehe Erkl. 119 und 120) aufgestellte und unter dem Namen Franklinsche Hypothese bekannte, und die im Jahr 1759 von *R. Symmer* aufgestellte und unter dem Namen Symmersche Hypothese bekannte Hypothese.

Die Franklinsche Hypothese besteht in folgendem:

Nach dieser Hypothese wird nur ein einziges elektrisches Fluidum angenommen, welches jeder Körper von Natur aus enthält; ferner wird angenommen, dass wenn man einem Körper noch mehr von jenem elektrischen Fluidum mitteilt, er positiv elektrisch wird, dass er aber negativ elektrisch wird, sobald man ihm von jenem elektrischen Fluidum entzieht.

Während sich nach dieser Hypothese z. B. das Gesetz, nach welchem sich zwei gleich stark aber entgegengesetzt elektrische Körper durch Berührung unelektrisch machen, leicht erklären lässt, müssen zur Erklärung des Gesetzes der elektrischen Anziehung und Abstossung zwei weitere willkürliche Voraussetzungen (Hypothesen) gemacht werden.

Wollte man sich nämlich hiernach die gegenseitige Abstossung negativ elektrischer Körper erklären, so müsste man die weitere sehr unwahrscheinliche Annahme machen, dass die der Elektricität beraubten Körperteilchen, bezw. die der Elektricität beraubte Materie, sich selbst abstossen, bezw. abstösst.

Wollte man sich ferner hiernach die

Erkl. 117. Das Wort Fluidum (Mehrzahl Fluida) stammt aus dem Lateinischen und heisst Flüssigkeit. Da man, wie in nebenstehender Antwort erwähnt, die Elektricität als ein Fluidum betrachtet, so erklären sich hieraus die üblichen Ausdrucksweisen: die Elektricität fliesst, strömt, breitet sich aus etc.

Erkl. 118. Unter einem unwägbaren (lat. imponderabeln) Fluidum oder unter einem unwägbaren Agens (lat., d. h. das Bewegende, Treibende, oder die wirkende Ursache; Mehrzahl Agentien) versteht man einen unsichtbaren feinen Stoff, welcher sich in unbegrenzter Menge aus einem Körper entwickeln lässt, unelastisch, unsperrbar und gewichtslos ist, welcher also auch die dichtesten Metalle durchdringt und das Gewicht eines Körpers nicht ändert.

Erkl. 119. *Franz Maria Ulrich Theodor Aepinus,* geb. 13. Sept. 1724 zu Rostock, war Professor der Astronomie zu Berlin, später Professor der Physik zu Petersburg; er starb 1802 zu Dorpat.

Erkl. 120. *Benjamin Franklin*, geb. 17. Jan. 1706 als Sohn eines Seifensieders in dem zu Boston gehörigen Governos-Island, war einer der bedeutendsten nordamerikanischen Staatsmänner, ein berühmter Forscher und Schriftsteller; er starb den 17. April 1790. *Benjamin Franklin* ist der Erfinder des Blitzableiters.

Erkl. 121. Der von *Aepinus* und *Franklin* aufgestellten Hypothese entstammen die jetzt gebräuchlichen Ausdrücke positive und negative elektrische Zustände.

Erkl. 122. Da früher die Meinungen der Physiker in betreff der beiden nebenstehend erwähnten Hypothesen sehr verschiedenartig waren, ein Teil derselben die Franklinsche, der andre Teil die Symmersche Hypothese als die richtigere behauptete, so entstanden zwei gelehrte Parteien. Die Anhänger der Franklinschen Hypothese, bei welcher nur ein elektrisches Fluidum angenommen wird, wurden deshalb Unitarier, die Anhänger der Symmerschen Hypothese, bei welcher zwei elektrische Fluida angenommen werden, wurden dementsprechend Dualisten genannt.

Erkl. 123. Wie in dem späteren Abschnitt: Die elektrische Influenz (Verteilung) gezeigt wird, ist die elektrische Influenz eine unmittelbare Folge des nach der Symmerschen Hypothese erklärten natürlichen Zustands der Körper, in welchem die beiden entgegengesetzten Elektricitäten vereinigt zu denken sind, woraus sich ebenfalls ergibt, dass zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen die Symmersche Hypothese als die bis jetzt richtigere beibehalten werden muss (siehe Erkl. 124).

Erkl. 124. Mag die Symmersche Hypothese, also die Annahme von zwei entgegengesetzten elektrischen Fluida eine richtige sein oder nicht, so ist es doch notwendig, dass die dieser Hypothese entsprechenden Ausdrucksweisen, Benennungen etc. beibehalten werden, indem letztere fast ausschliesslich üblich sind und indem sich auch nach dieser Hypothese fast alle elektrischen Erscheinungen erklären lassen (siehe Erkl. 117).

Wird, wie vorauszusehen ist, die Symmersche Hypothese durch eine andre, bessere ver-

gegenseitige Anziehung eines negativ und eines positiv elektrischen Körpers erklären, so müsste man die weitere sehr unwahrscheinliche Annahme machen, dass die Körperteilchen selbst die Elektricität anziehen.

Die Symmersche Hypothese hält sich, entgegengesetzt der Franklinschen, mehr an die neuesten Erfahrungen, sie besteht in folgendem:

Nach dieser Hypothese werden in jedem Körper zwei entgegengesetzt elektrische Fluida, nämlich ein positives und ein negatives elektrisches Fluidum, als von der Natur aus vorhanden, angenommen; ferner wird angenommen, dass sich die Teilchen eines und desselben Fluidums gegenseitig abstossen, dass sich aber Teilchen der verschiedenen Fluida anziehen, dass somit jeder Körper in seinem natürlichen oder in seinem neutralen Zustand gleiche Mengen der beiden entgegengesetzten elektrischen Fluida (Elektricitäten) enthält, welche sich vereinigt oder neutralisiert haben. Hiernach sagt man auch: Im unelektrischen, natürlichen oder neutralen Zustand eines Körpers sind die Elektricitäten im Gleichgewicht, neutralisiert, gebunden oder latent (lat. Bezeichnung für gebunden).

Ferner nimmt man nach dieser Hypothese an, dass ein Körper positiv oder negativ elektrisch ist, je nachdem er einen Ueberschuss an positivem oder negativem Fluidum hat, bezw. je nachdem ihm noch $+E$ oder $-E$ mitgeteilt, oder auch, je nachdem ihm $-E$ oder $+E$ entzogen wurde. Hiernach sagt man auch: Im elektrischen oder aktiven Zustand eines Körpers ist freie Elektricität vorhanden.

Nach dieser Hypothese sind es die elektrischen Fluida, die Elektricitäten selbst, welche sich anziehen und abstossen, und welcher Anziehung und Abstossung ihre Träger, nämlich die elektrischen Körper selbst, folgen müssen, da jene Elektricitäten ihre Träger nicht ohne weiteres verlassen können.

drängt werden, so bleiben doch die durch Thatsachen festgestellten Theorien dieselben, nur wären alsdann diese Theorien, entsprechend der neuen Hypothese, in andre Worte zu fassen.

Die Abstossung gleichnamig elektrischer Körper erklärt sich hiernach dadurch, dass beide elektrische Körper einen Ueberschuss desselben elektrischen Fluidums haben; die Anziehung ungleichnamig elektrischer Körper erklärt sich hiernach dadurch, dass einer dieser elektrischen Körper einen Ueberschuss von positiv, der andre einen Ueberschuss von negativ elektrischem Fluidum hat.

Erkl. 125. Bei einer Vergleichung der nebenstehend erwähnten Hypothesen über das Wesen der Elektricität mit den (in Kleyers Lehrb. des Magnetismus angeführten) entsprechenden Hypothesen über das Wesen des Magnetismus findet man in beiden eine grosse Aehnlichkeit. Diese Vergleichung ergibt, dass der Unterschied beider im wesentlichsten darin besteht, dass die magnetischen Fluida die Moleküle des Stahls und Eisens nicht verlassen können, während die elektrischen Fluida auf leichte Weise von dem einen Körper in den andern übergeführt werden können.

Anfangs war man in Beantwortung der Frage, welche der beiden erwähnten Hypothesen die richtigere sei, sehr geteilter Meinung (siehe Erkl. 122), da sich jedoch die meisten elektrischen Erscheinungen nach der Symmerschen Hypothese am besten und natürlichsten erklären, wie auch in nachfolgendem gezeigt wird (siehe Erkl. 123), so hat sich dementsprechend der Grundgedanke der Symmerschen Hypothese im allgemeinen eingebürgert, was man durch die üblichen Rede- und Ausdrucksweisen (siehe Erkl. 117) erkennt.

Hiermit soll keineswegs gesagt sein, dass die Symmersche Hypothese eine richtige sei, es ist im Gegenteil den neuesten Anschauungen entsprechend sehr wahrscheinlich, dass, wie *Edlund* 1873 mittels seiner Theorie nachzuweisen suchte, die Elektricität in den Schwingungen des Aethers beruht, ähnlich wie das Licht und die Wärme, welche sich selbst in Elektricität umwandeln lassen. Näheres über die Hypothesen, welchen die Schwingungen des Aethers zu Grunde liegen, findet man in einem späteren Kapitel.

5). Ueber den Sitz der Elektricität im allgemeinen.

Frage 46. Welches allgemeine Gesetz findet in bezug auf den Sitz der Elektricität, des elektrischen Fluidums, eines elektrisierten Körpers statt?

Antwort. In bezug auf den Sitz der Elektricität, bezw. in bezug auf die Ausbreitung der Elektricität eines

elektrisierten Körpers (Leiters) findet im allgemeinen folgendes Gesetz statt:

Die einem isolierten Körper, bezw. einem Leiter mitgeteilte Elektricität nimmt ihren Sitz stets nur auf der äusseren Oberfläche, nie aber auf einer inneren Fläche oder im Innern der Masse jenes isolierten Körpers, bezw. jenes Leiters.

Erkl. 126. Mit Hülfe des elektrischen Potentials kann man auf mathematische Weise nebenstehendes Gesetz über den Sitz der Elektricität nachweisen (siehe den 2., den mathematischen Teil von Kleyers Lehrbuch der Reibungselektricität).

Frage 47. Auf welche Weise, bezw. durch welche Experimente kann man das in voriger Antwort aufgestellte Gesetz über den Sitz der Elektricität, des elektrischen Fluidums, nachweisen?

Antwort. Das in voriger Antwort aufgestellte Gesetz über den Sitz der Elektricität kann man auf zweierlei Art nachweisen, nämlich einmal durch Raisonnement unter Zugrundelegung der im vorigen Abschnitt aufgestellten Symmerschen Hypothese über das Wesen der Elektricität, ein andermal durch Experimente.

Durch Raisonnement gestaltet sich der Beweis wie folgt:

Befindet sich ein isolierter Körper, bezw. ein Leiter in unelektrisiertem, also in seinem sogen. natürlichen Zustande, so sind nach der Symmerschen Hypothese die beiden elektrischen Fluida in der ganzen Masse des Körpers gleichmässig verteilt.

Wird ferner ein isolierter Körper, bezw. ein Leiter, durch Mitteilung elektrisiert, so wird nach der Symmerschen Hypothese die nächste Folge sein, dass sich die einzelnen Teilchen des mitgeteilten elektrischen Fluidums von einander abstossen und sich möglichst weit von einander zu entfernen suchen, woraus sich ergibt, dass das elektrische Fluidum nicht in das Innere der Masse des isolierten Körpers, des Leiters eindringt und sich auch nicht in den inneren Flächen ansammeln kann, sondern dass sich das elektrische Fluidum auf der Oberfläche ausbreiten muss. Dass sich die Teilchen des elektrischen Fluidums infolge der gegenseitigen Abstossung nicht auch noch über die Oberfläche weiter ausbreiten, lässt sich weiter dadurch erklären, dass dies

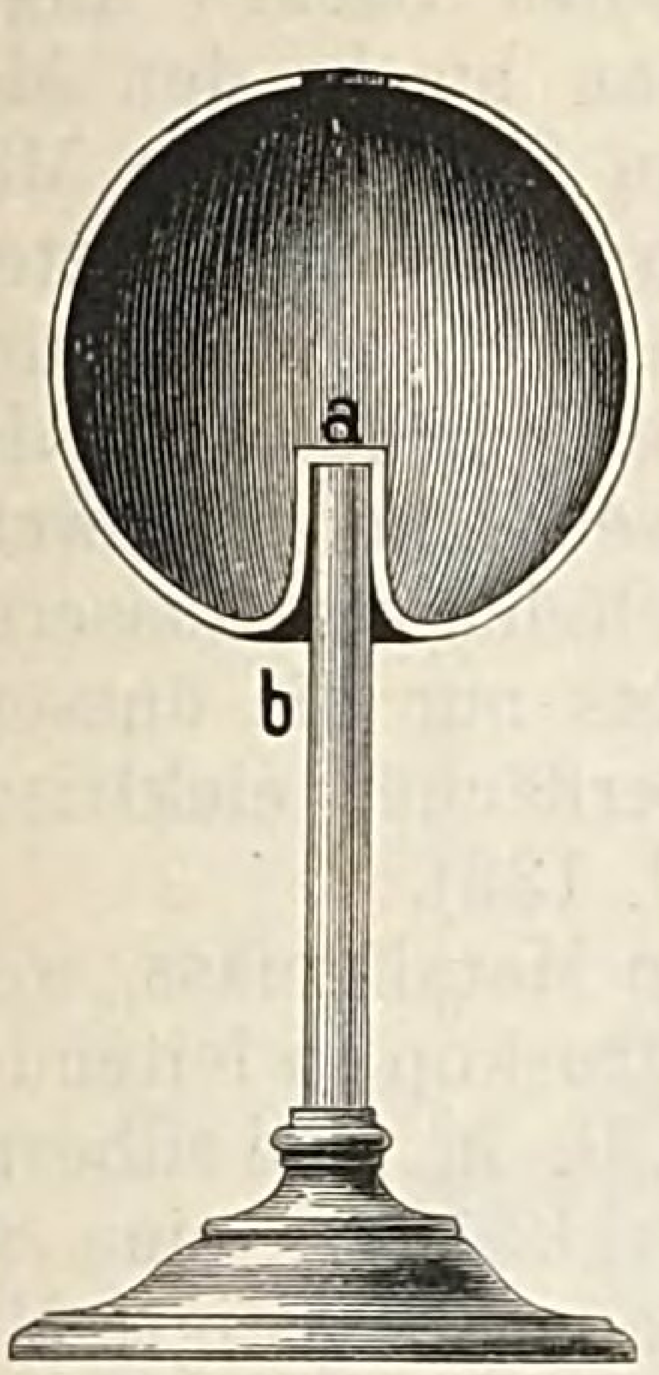
Erkl. 127. In einem späteren Abschnitt wird gezeigt, dass sich das elektrische Fluidum infolge der gegenseitigen Abstossung der elektrischen Partikelchen auch über die Oberfläche des elektrisierten Körpers ausbreitet, wonach sich der allmäliche Verlust der Elektricität eines isolierten elektrischen Körpers und die Fortleitung der Elektricität überhaupt erklären lässt.

Erkl. 128. Zum Elektrisieren, bezw. zum sogen. elektrischen Laden grösserer isolierter Körper benutzt man am besten den elektrischen Funken einer Elektrisiermaschine (siehe den Abschnitt: Ueber die Elektrisiermaschine).

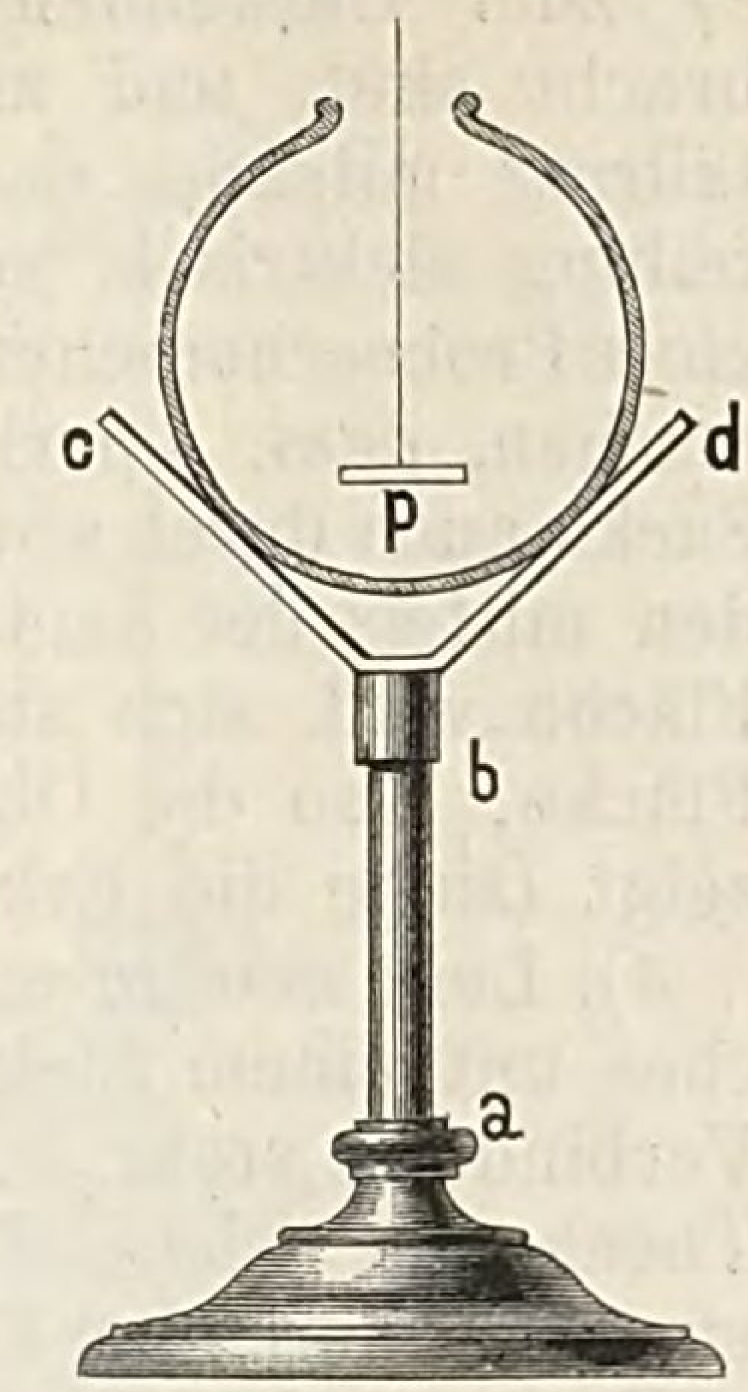
Erkl. 129. In betreff der Untersuchung der Stärke einer elektrischen Ladung siehe den späteren Abschnitt: Ueber die Apparate zur Erkennung und Messung der Elektricität.

Erkl. 130. Zu dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment benutzte *Coulomb* zwei gleiche Kugeln, und zwar die eine von Kupfer, die andre von Holundermark; ein andermal benutzte er eine Eisen- und eine gleich grosse Pappscheibe und fand stets dasselbe Resultat, nämlich, dass sich die Elektricität nur auf der Oberfläche zeigt, und dass bei einer Berührung solcher Körper, die gleiche Oberflächen haben, die Elektricität von dem einen zur Hälfte auf den andern Körper übergeht.

Figur 12.

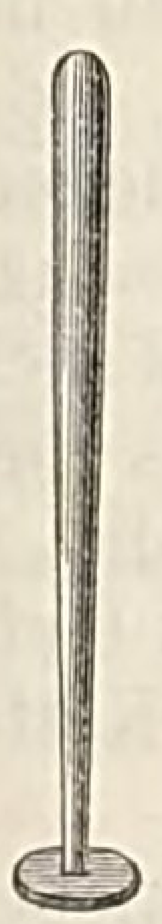


Figur 13.

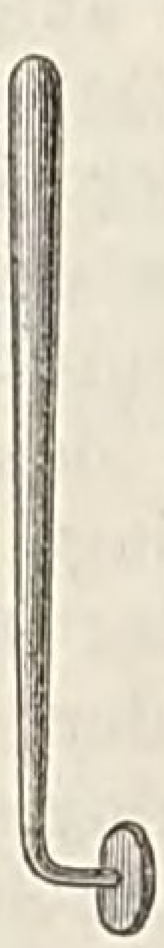


Erkl. 131. Zum Nachweis, ob ein Körper, bezw. ob irgend eine Stelle der Oberfläche eines Körpers elektrisch ist, bedient man sich mit Vorteil der durch die Figuren 14, 15 und 16 dargestellten Probescheibchen.

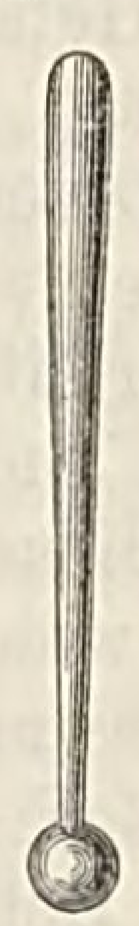
Figur 14.



Figur 15.



Figur 16.



Das Probescheibchen ist ein dünnes Scheibchen von Rauschgold oder Messingblech, welches gewöhnlich einen Durchmesser von 1 bis $1^1/_2$ cm hat und an einem circa 20 cm langen dünnen Harzstäbchen von Schellack, Siegellack, Hartgummi etc. befestigt ist, siehe die Figuren 14 und 15.

Die Anwendung von gefirnisten Glasstäbchen ist für gute Probescheibchen nicht zu empfehlen, wohl aber z. B. die der sogen. Hartgummifederhalter.

Coulomb benutzte bei dem unter 2). erwähnten und durch die Figur 13 dargestellten Experiment Probescheibchen, deren Durchmesser 4 mm betrug.

Bei den Probekugeln, siehe Figur 16, werden statt der Scheibchen Kügelchen benutzt.

durch den Leitungswiderstand der Luft und andrer Isolatoren verhindert wird (siehe Erkl. 127). Hiernach kann der Sitz der Elektricität stets nur auf der Oberfläche der Körper sein.

Dass das elektrische Fluidum stets nur seinen Sitz auf der Oberfläche der Körper nimmt, kann man ferner durch folgende Experimente nachweisen:

1). Elektrisiert man zwei isolierte, in Grösse und sonstiger Beschaffenheit gleiche Metallkugeln *A* und *B* (siehe Erkl. 128), welche in gegenseitiger Berührung sind, so werden beide gleich stark elektrisch. Bringt man nunmehr die erste jener Kugeln *A* und *B* mit einer isolierten, massiven dritten Kugel *C*, die zweite mit einer vierten isolierten Kugel *D*, welche jener dritten Kugel *C* an Grösse gleich, aber im Gegensatz zu jener hohl ist, in Berührung, so werden auch die Kugeln *C* und *D* gleich stark elektrisch (siehe Erkl. 129).

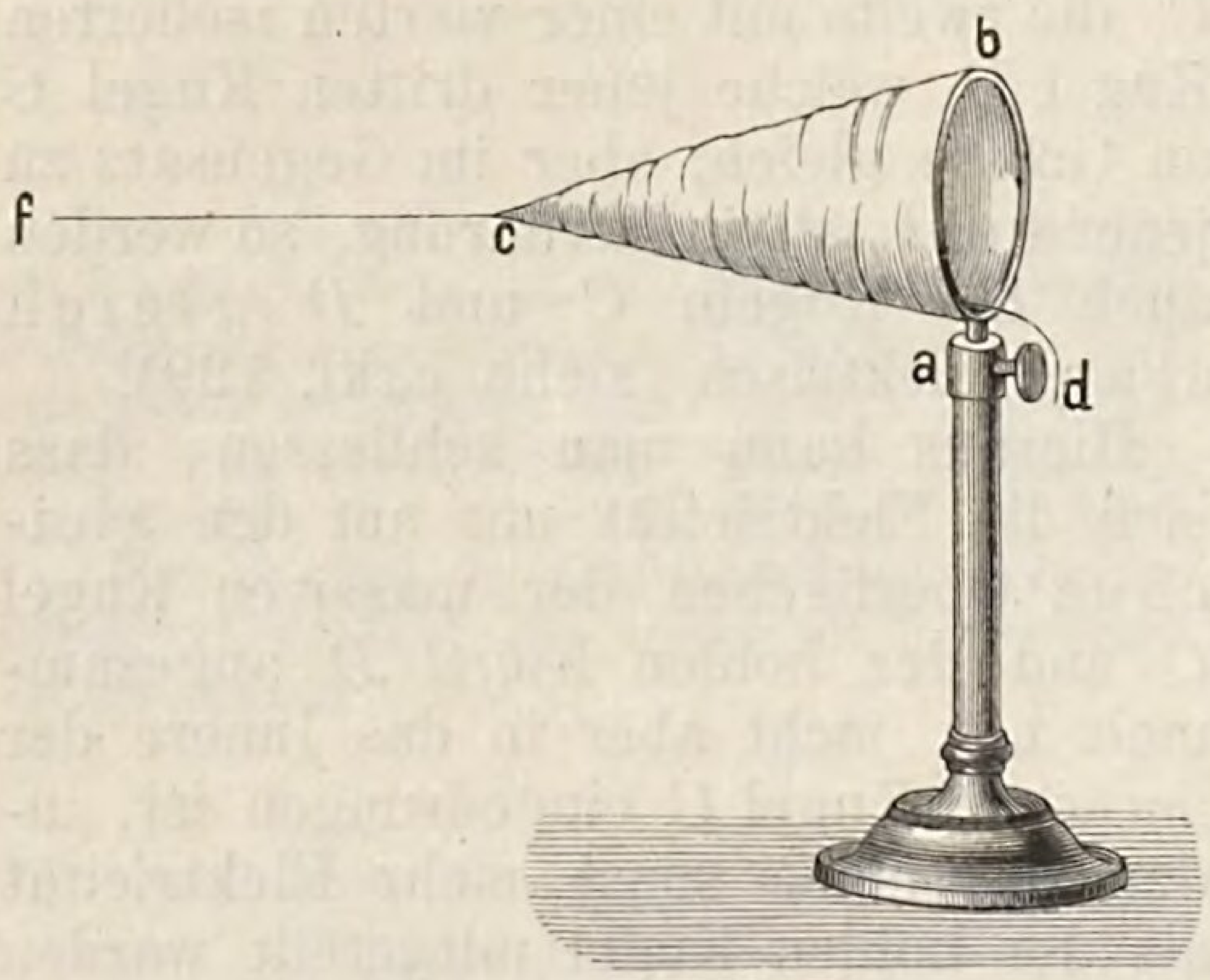
Hieraus kann man schliessen, dass sich die Elektricität nur auf den gleichen Oberflächen der massiven Kugel *C* und der hohlen Kugel *D* angesammelt hat, nicht aber in das Innere der massiven Kugel *C* eingedrungen ist, indem derselben sonst mehr Elektricität als der hohlen Kugel mitgeteilt worden sein müsste (siehe Erkl. 130).

2). Hat man eine isolierte Hohlkugel, welche, wie die Figuren 12 und 13 zeigen, mit einer Oeffnung versehen ist und elektrisiert dieselbe, so wird man die Wahrnehmung machen, dass sich nur die Oberfläche, nämlich die äussere Fläche, nicht aber die innere Fläche der Kugel elektrisch zeigt (siehe Erkl. 131 und 132). Bei diesem Experiment darf die Ladung der Hohlkugel nicht zu stark sein und das ganze Experiment darf nur geringe Zeit beanspruchen, da sich sonst die sogen. elektrische Influenz geltend macht (siehe den späteren Abschnitt: Ueber die elektrische Influenz).

3). Befestigt man an einem isolierten Metallring *ab*, siehe Figur 17, einen trichterförmigen Sack von Baumwollengaze oder einem dünnen Drahtnetz, an

Erkl. 132. Berührt man mittels eines gut isolierten Probescheibchens (siehe die Erkl. 131) die innere Fläche einer elektrisierten und mit einer Oeffnung versehenen isolierten Hohlkugel, so zeigt das Probescheibchen am Elektroskop keine Elektricität; berührt man hingegen mittels eines Probescheibchens die äussere Fläche, bezw. die Oberfläche jener Hohlkugel, wobei man sich jedoch in acht nehmen muss, den Rand der Oeffnung der Hohlkugel nicht zu berühren, weshalb man vorteilhaft den Rand der Hohlkugel mit einem Schellackring umgibt, so zeigt sich das Probescheibchen nach der Berührung elektrisch. Hieraus ergibt sich wiederum, dass die Elektricität stets nur auf der Oberfläche der Leiter, bezw. der isolierten Körper ihren Sitz hat.

Figur 17.



Erkl. 133. Das in nebenstehender Antwort unter 3). erwähnte und durch die Figur 17 dargestellte Experiment ist im Grunde dasselbe als das nebenstehend unter 2). erwähnte und durch die Figuren 12 und 13 dargestellte Experiment, nur in andrer Form, in welcher es durch *Faraday* angegeben wurde.

Erkl. 134. Das nebenstehend unter 4). erwähnte Experiment wurde zuerst von *Franklin* mittels einer silbernen Theekanne ausgeführt.

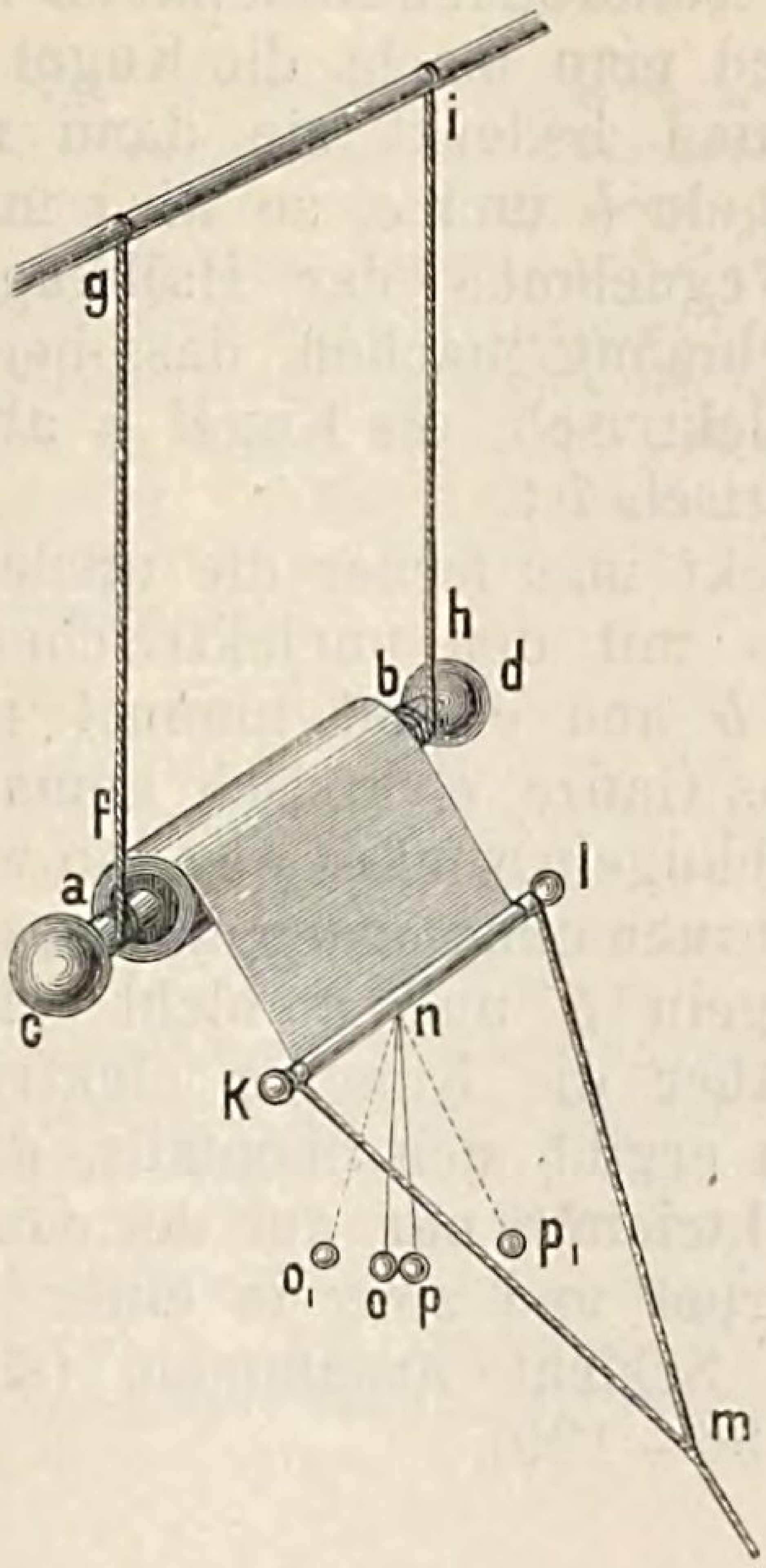
Erkl. 135. Das nebenstehend unter 5). angeführte Experiment wurde von *Magnus* angegeben. Die Grundidee für ihn war das nebenstehend unter 4). erwähnte von *Franklin* angegebene Experiment.

dessen Spitze *c* zwei Seidefäden *cd* und *ef* zum Umwenden des Sackes angebracht sind, und man macht den Metallring mitsamt dem Sack durch Mitteilung elektrisch, so kann man mittels eines Probescheibchens die Wahrnehmung machen, dass, einerlei welche Seite des Sacks auch durch abwechselndes Umwenden mittels der Seidefäden zur äusseren Fläche wird, sich stets nur die äussere Fläche, also die Oberfläche, elektrisch zeigt (siehe die Erkl. 133).

4). Legt man in ein Metallgefäss, welches mit einem Elektroskop in leitender Verbindung steht, z. B. in eine silberne Theekanne (siehe Erkl. 134), eine an einem isolierenden Faden befestigte Metallkette und elektrisiert das Gefäss, so werden die Pendel des Elektroskops eine gewisse Divergenz annehmen. Zieht man alsdann an dem Faden die Kette langsam aus dem Metallgefäss, so wird die Divergenz der Pendel des Elektroskops stetig abnehmen. Lässt man wieder die Kette, ohne vorher ihre Berührung mit dem Gefäss ganz aufgehoben zu haben, langsam in das Gefäss hinab, so wird die Divergenz der Pendel wieder zunehmen. Hieraus ergibt sich, dass die Elektricität in dem Masse, als sich die Kette ausserhalb des Gefässes befand, auf diese überging, sobald die Kette aber wieder in das Innere des Gefässes verschwand, wieder von der Kette auf das Gefäss überging.

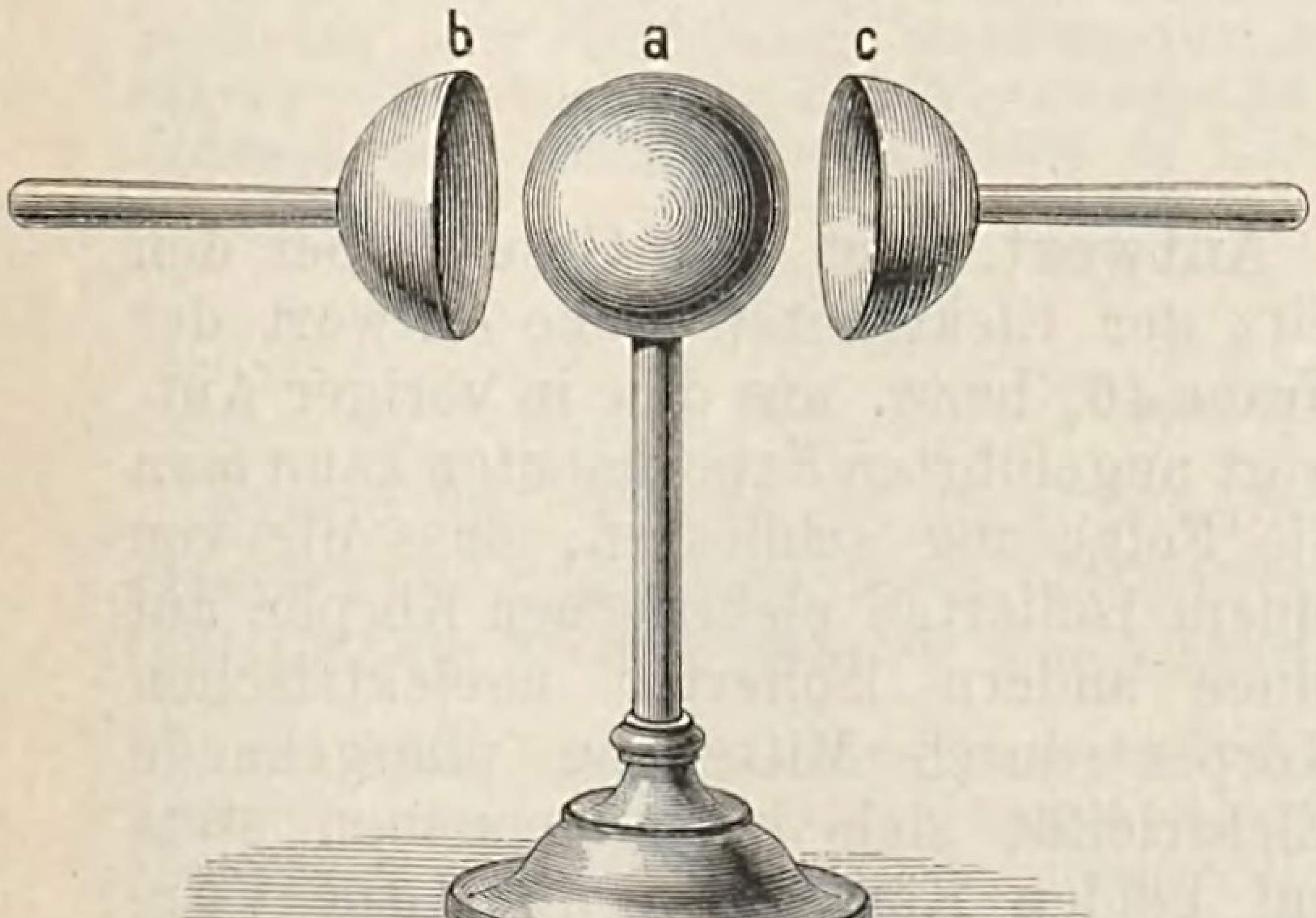
5). Befestigt man durch Aufkleben auf einen Metallcylinder *ab*, siehe Figur 18, welcher circa 30 cm lang und beiderseits mit zwei, in den Kugeln *c* und *d* endenden dünnen Fortsätzen versehen ist, einen breiten Streifen von Goldpapier oder dünnem Metall, umwickelt alsdann den Cylinder mehrmals mit dem Goldpapier und befestigt an dem freien Ende des Papiers ein Glas- oder Holzstäbchen *kl*, so wird, wenn diese Vorrichtung an den isolierenden (seidenen) Schnüren *fg* und *hi*, wie die Figur 18 zeigt, aufgehängt wird, durch Ziehen an den in *k* und *l* angebrachten und in *m* vereinigten Seideschnüren *km* und *lm* das Goldpapier von dem Cylinder *ab*

Figur 18.



Erkl. 136. Die in nebenstehender Antwort unter 2). und 6). erwähnten Experimente wurden von *Coulomb* angegeben. Bei dem unter 2). erwähnten Experiment benutzte *Coulomb* eine Kugel, welche mit mehreren circa 1 cm Durchmesser enthaltenden Löchern versehen war, siehe Figur 13.

Figur 19.



abgewickelt, infolgedessen werden aber auch die Seideschnüre *fg* und *hi* auf den dünnen Fortsätzen der Walze *ab* aufgewickelt, wodurch eine Hebung der Walze *ab* bedingt wird. Beim Nachlassen der in *m* vereinigten Seideschnüre wird sich das Goldpapier auf dem Cylinder *ab* wieder aufrollen, infolgedessen werden aber auch wieder die Seideschnüre *fg* und *hi* von den dünnen Fortsätzen der Walze *ab* abgewickelt, wodurch wieder eine Senkung der Walze *ab* bedingt wird. Mittels dieser Vorrichtung kann man also nach Belieben die Oberfläche des Goldpapiers vergrössern oder verringern. Befestigt man nun an dem freien, um den Glasstab *kl* gewundenen Ende des Goldpapiers zwei elektrische Pendel *no* und *np* und macht das Goldpapier durch Mitteilung elektrisch, so werden die elektrischen Pendel, wie die Figur 18 zeigt, die divergierenden Stellungen no_1 und np_1 annehmen. Zieht man alsdann an den in *m* vereinigten Schnüren *km* und *lm*, so wird das Goldpapier von dem Cylinder *ab* abgewickelt, also eine grössere Oberfläche annehmen, gleichzeitig wird sich aber auch die Elektricität auf der grösseren Oberfläche des Goldpapiers ausbreiten, infolgedessen wird an jedem Punkte der nunmehr grösseren Oberfläche die Elektricität eine geringere Stärke zeigen müssen, was man daran erkennt, dass sich die Divergenz der beiden elektrischen Pendel vermindert hat. Lässt man die Schnüre *km* und *lm* wieder nach, wird also infolgedessen die Oberfläche des Goldpapiers wieder kleiner, so wird sich die Elektricität jetzt nur auf einer kleinen Oberfläche ausbreiten können, also wieder in grösserer Stärke auftreten müssen, was man daran erkennt, dass sich die Divergenz der elektrischen Pendel wieder vergrössert. Aus diesem sehr sinnreichen Versuche ergibt sich zur Evidenz, dass sich die Elektricität bei leitenden Körpern nur auf der Oberfläche derselben ansammelt.

6). Hat man, siehe Figur 19. eine isolierte Metallkugel *a* und zwei genau

auf jene passende und sie vollständig umschliessende Halbkugeln *b* und *c*, welche mit isolierenden Handhaben versehen sind, und man macht die Kugel *a* elektrisch und bedeckt sie dann mit den Halbkugeln *b* und *c*, so wird man nach dem Wegnehmen der Halbkugeln die Wahrnehmung machen, dass beide nunmehr elektrisch, die Kugel *a* aber jetzt unelektrisch ist.

Bedeckt man ferner die unelektrische Kugel *a* mit den unelektrischen Halbkugeln *b* und *c* und nimmt, nachdem man das Ganze elektrisch gemacht hat, die Halbkugeln wieder weg, so wird man die Wahrnehmung machen, dass nun die Halbkugeln *b* und *c* nicht elektrisch sind, aber die Kugel *a* elektrisch ist. Hieraus ergibt sich ebenfalls, dass sich die Elektricität nur auf der Oberfläche der Körper und zwar in einer äusserst dünnen Schicht ansammelt (siehe die Erkl. 136—139).

Erkl. 137. *Priestley* bewies, dass sich die Elektricität nur auf der Oberfläche der Leiter ansammelt, mittels folgenden Versuchs:

Er elektrisierte einen zinnernen Becher und hängt in dessen inneren Raum ein elektrisches Pendelpaar; er schloss, dass wenn auch der innere Raum des Bechers elektrisch wäre, die Pendel divergieren müssten, die Pendel divergierten aber nicht.

Erkl. 138. *Faraday* machte einen dem in Erkl. 137 erwähnten Priestleyschen ähnlichen Versuch zum Nachweis des Gesetzes, dass sich die Elektricität nur auf der Oberfläche der Leiter ansammelt.

Er begab sich nämlich mit den besten Elektroskopen und Elektrometern in eine Kammer, welche er zu diesem Zweck eigens herrichten liess. Diese Kammer hatte in ihrem Aeussern die Form eines Würfels, dessen Kante circa 3 m lang ist und wurde dadurch hergestellt, dass an leichten Holzrahmen Kupferdrahtnetze, vollständig mit Staniol beklebt, befestigt wurden. Nachdem sich *Faraday* in dieser Kammer befand, liess er die Wände derselben aufs kräftigste elektrisieren. Im Innern derselben nahm er jedoch auch an den vorzüglichsten Elektricitätsnachweisinstrumenten keine Elektricität wahr.

Erkl. 139. Das durch nebenstehende Experimente nachgewiesene Gesetz über den Sitz, bezw. über die Verbreitung der Elektricität auf der Oberfläche der Leiter und der isolierten Körper kann man umgekehrt als Argument der Richtigkeit der Symmerschen Hypothese, nach welcher sich die Partikelchen des elektrischen Fluidums abstossen und sich infolgedessen von einander zu entfernen suchen, benutzen.

Frage 48. Welche Folgerung lässt sich aus dem in Antwort der Frage 46 aufgestellten Gesetz über den Sitz der Elektricität, bezw. aus den in voriger Antw. angeführten Experimenten schliessen?

Antwort. Aus dem Gesetz über den Sitz der Elektricität, siehe Antwort der Frage 46, bezw. aus den in voriger Antwort angeführten Experimenten kann man die Folgerung schliessen, dass die von einem isolierten elektrischen Körper auf einen andern isolierten unelektrischen Körper durch Mitteilung übergehende Elektricität sich im allgemeinen stets auf beiden Körpern nach dem Verhältnis ihrer Oberflächen verteilen muss.

Erkl. 140. Bringt man eine isolierte, nicht elektrische Metallkugel mit einer andern isolierten vollkommen gleich grossen, aber elektrisierten Metallkugel in Berührung, so wird nach nebenstehender Antwort die letztere gerade die Hälfte ihrer Elektricität an erstere abgeben (siehe Erkl. 131).

Erkl. 141. In einem späteren Abschnitt wird mittels der Torsionswage die in nebenstehender Antwort enthaltene Folgerung noch weiter bewiesen.

Frage 49. Auf welche Weise kann man nur einen isolierten elektrischen Körper vollkommen entladen?

Antwort. Um einen elektrischen Körper vollkommen zu entladen, muss man denselben nach voriger Antwort mit einem solchen andern unelektrischen Körper (Leiter) in Berührung bringen, dessen Oberfläche sehr bedeutend grösser als die jenes Körpers ist.

Erkl. 142. Nebenstehende Antwort enthält den Grund, warum man zur vollständigen Entladung eines elektrischen Körpers denselben mit dem Fussboden leitend verbinden muss, indem durch eine solche leitende Verbindung die Elektricität jenes Körpers über den Fussboden, von da weiter über die ganze Erde gleichmässig verbreitet wird, dann auf der sehr grossen Erdoberfläche nicht mehr erkennbar ist.

Erkl. 143. Mit Hilfe des Gesetzes über den Sitz der Elektricität, bezw. über die Ausbreitung der Elektricität auf der Oberfläche kann man sich auch die später näher erörterte Erscheinung erklären, warum man bei dem Annähern eines isolierten Körpers (z. B. einer isolierten Metallkugel) an den Konduktor einer Elektrisiermaschine keinen so grossen und kräftigen Funken erhält als bei dem Annähern eines nicht isolierten leitenden Körpers, indem bei ersterem Experiment der Konduktor nur teilweise, bei letzterem Experiment aber der Konduktor sofort vollständig entladen wird.

6). Ueber die elektrische Spannung, bezw. über die Dichtigkeit der Elektricität im allgemeinen.

Frage 50. Was versteht man unter der sogen. elektrischen Spannung?

Antwort. Unter der elektrischen Spannung versteht man im allgemeinen den Zwangszustand der Elektricität, in welchem sie an der weiteren Ausbreitung auf der Oberfläche eines elektrisierten Körpers durch den Leitungswiderstand der umgebenden Isolatoren gehindert ist.

Erkl. 144. Die Bezeichnung elektrische Spannung oder elektrischer Spannungszustand rührt von dem englischen Physiker *James Clark Maxwell* her. *Maxwell* wurde 1831 in Edinburg geboren.

Frage 51. Wovon ist die Grösse der elektrischen Spannung eines elektrisierten Körpers im allgemeinen abhängig?

Antwort. Die Grösse der in voriger Antwort definierten elektrischen Spannung eines elektrisierten Körpers ist im allgemeinen abhängig von der Dichtigkeit der Elektricität, in welcher die Elektricität auf der Oberfläche des elektrisierten Körpers angehäuft ist. Je grösser die in Antwort der Frage 52 definierte Dichtigkeit der Elektricität

Erkl. 145. Dass die Grösse der elektrischen Spannung eines elektrisierten Körpers von der Dichtigkeit der Elektricität, in welcher dieselbe auf der Oberfläche jenes elektrisierten Körpers angehäuft ist, abhängig sein muss, kann man sich nach der in Antwort der Frage 45 aufgestellten Symmerschen Hypothese leicht erklären.

ist, um so grösser ist auch die elektrische Spannung.

Frage 52. Was versteht man unter der Dichtigkeit der Elektricität auf einem elektrisierten Körper?

Erkl. 146. Die präziseren mathematischen Definitionen über elektrische Spannung und Dichtigkeit werden in späteren Abschnitten gegeben.

Antwort. Da sich die Elektricität stets über die ganze Oberfläche eines elektrisierten Körpers verbreitet, so versteht man unter der Dichtigkeit der Elektricität diejenige Elektricitätsmenge, welche auf der Flächeneinheit der Oberfläche eines elektrisierten Körpers angehäuft ist.

Frage 53. Wodurch kann man die Grösse der elektrischen Spannung eines elektrisierten Körpers relativ messen?

Antwort. Wie in Antw. der Frage 51 erwähnt, ist die Grösse der elektrischen Spannung abhängig von der in Antwort der Frage 52 definierten Dichtigkeit der Elektricität. Zu vergleichenden Messungen der elektrischen Spannungen elektrisierter Körper kann man also die Dichtigkeit der Elektricitätsmenge, welche auf der Flächeneinheit der Oberfläche eines der elektrisierten Körper angehäuft ist, als relatives Mass benutzen.

7). Ueber die Verbreitung der Elektricität auf der Oberfläche, bezw. über die Anordnung der Elektricität auf der Oberfläche elektrisierter Körper.

Frage 54. Was kann man in bezug auf die Grösse der elektrischen Spannung an den verschiedenen Stellen der Oberfläche eines isolierten und durch Mitteilung elektrisierten Körpers aussagen?

Antwort. In bezug auf die Grösse der elektrischen Spannung, oder was dasselbe sagt, in bezug auf die Dichtigkeit der Elektricität an verschiedenen Stellen der Oberfläche eines isolierten und durch Mitteilung elektrisierten Körpers kann man folgendes aussagen:

a). Hat der isolierte und durch Mitteilung elektrisierte Körper die Gestalt einer vollkommenen Kugel, so zeigt der Körper an jeder Stelle seiner Oberfläche gleich starke elektrische

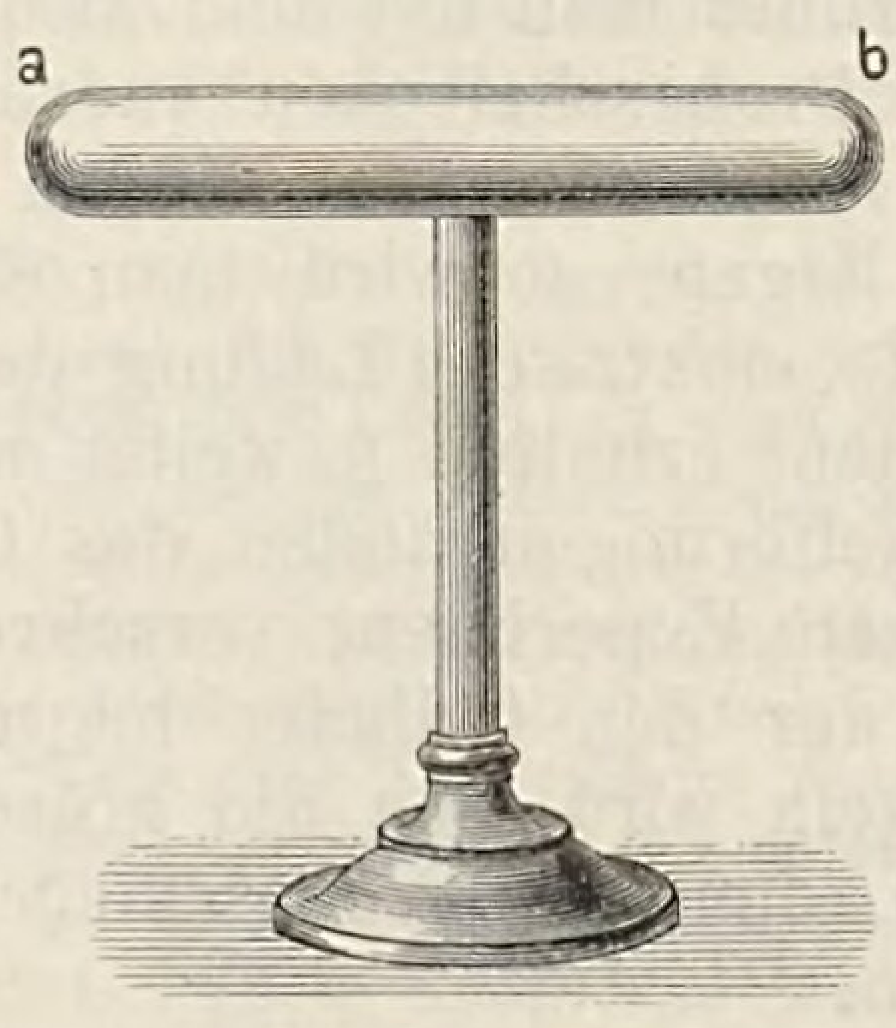
Spannung, bezw. gleiche Dichtigkeit der Elektricität;

b). Hat hingegen der isolierte und durch Mitteilung elektrisierte Körper irgend eine andre, von der Kugel abweichende Form, so zeigt der Körper an den hervorragenden Stellen seiner Oberfläche, bezw. an denjenigen Stellen, an welchen die Oberfläche stärker gekrümmt ist (das sind nach mathematischer Ausdrucksweise diejenigen Stellen, welche einen stärkeren Krümmungshalbmesser haben), eine grössere elektrische Spannung, bezw. eine grössere Dichtigkeit der Elektricität als an den übrigen Stellen.

Erkl. 147. Elektrisiert man einen isolierten Metallcylinder, der in zwei Halbkugeln endigt, siehe Figur 20, so wird man die Wahrnehmung machen, dass die elektrische Spannung, bezw. die Dichtigkeit der Elektricität an irgend einer Stelle der hervorragenden Halbkugeln grösser ist als an irgend einer Stelle in der Mitte des Cylinders.

Frage 55. Wie kann man nachweisen, dass ein isolierter und elektrisierter Körper von der Gestalt einer Kugel an jedem Punkt seiner Oberfläche gleiche elektrische Spannung zeigt, bezw. dass sich die Elektricität über jene Oberfläche gleichmässig verbreitet; dass hingegen auf jedem andern isolierten und elektrisierten Körper, dessen Gestalt von der Kugel abweicht, an den hervorragenden Stellen die elektrische Spannung grösser ist, bezw. dass sich die Elektricität auf solcher Oberfläche ungleichmässig verbreitet?

Figur 20.



Antwort. Die in nebenstehender Frage erwähnte gleichmässige Verbreitung der Elektricität auf der Oberfläche einer Kugel ist nach reinem Vernunftsschluss bedingt durch die Symmetrie, in welcher die einzelnen Teilchen einer Kugel zu einander angeordnet sind, was unter Zugrundelegung der Symmerschen Hypothese auch durch Rechnung nachgewiesen werden kann. Experimentell kann man jene Aussage wie folgt nachweisen:

Berührt man mittels eines sogenannten Probescheibchens (siehe Erkl. 131) irgend eine Stelle der Oberfläche einer isolierten und elektrisierten Metallkugel und zwar so, dass während der Berührung das Probescheibchen an der Oberfläche der Kugel vollständig aufzuliegen kommt, so sammelt sich offenbar auf dem Probescheibchen während der Berührung die Elektricität an, welche sich auf jener Stelle der Oberfläche befand. Die Stärke des mit jener Menge Elektricität geladenen Probescheibchens kann man, wie später gezeigt wird, mittels eines Elektrometers (z. B. mittels der Drehwage oder eines Strohhalmelektrometers) bestimmen. Berührt man alsdann mit dem

scheibchen an verschiedenen Stellen der Oberfläche der Scheibe, unter anderm auch an dem Rand derselben aufsetzt und dessen elektrische Ladung misst.

Frage 56. Welche Folgerung ergibt sich aus der Antwort der vorigen Frage in bezug auf die Art der Verbreitung der Elektricität auf der Oberfläche der elektrisierten Körper?

Antwort. Aus der Antw. der vorigen Frage ergibt sich in bezug auf die Art der Verbreitung der Elektricität auf der Oberfläche der elektrisierten Körper die Folgerung, dass sich die Elektricität über die Oberflächen solcher Körper, welche die Gestalt einer Kugel haben, vollständig gleichmässig verbreitet, dass sich hingegen die Elektricität über die Oberflächen solcher Körper, welche in ihrer äussern Form von der Kugelfläche abweichen, ungleichmässig verbreitet, dass sich nämlich an den hervorragenden Stellen der Oberfläche solcher Körper mehr Elektricität als an den übrigen Stellen anhäuft.

8). Ueber die elektrische Wirkung von Spitzen.

Frage 57. Welche Erscheinung findet statt, wenn man mit Spitzen oder auch mit scharfen Ecken und Kanten versehene isolierte Körper (Leiter) elektrisiert und auf welche Weise kann man sich die fragliche Erscheinung erklären?

Erkl. 150. Werden isolierte, mit Spitzen, scharfen Ecken oder Kanten versehene Körper noch so kräftig elektrisiert, so wird die Elektrisierung der Körper selbst stets nur eine sehr schwache sein; sie würde = 0 sein, wenn jene Spitzen vollständige, sogenannte mathematische Spitzen wären. Da das bei der mechanischen Herstellung von Spitzen niemals der Fall sein kann, indem solche, wenn auch noch so fein, stets nur die Form von abgestumpften Kegeln haben, so bleibt in jenen Körpern doch noch eine, wenn auch sehr schwache elektrische Ladung zurück. Diese elektrische Ladung ist so schwach, dass die Dichtigkeit der auf solchen Körpern angehäuften Elektricität kleiner ist als die, bei welcher

Antwort. Elektrisiert man gut isolierte, mit Spitzen oder auch mit scharfen Ecken und Kanten versehene Körper (am besten metallische Körper), so wird man die Erscheinung wahrnehmen, dass wenn die Elektrisierung energisch genug ist, die Elektricität aus jenen Spitzen, Ecken oder scharfen Kanten ausströmt.

Dies kann man sich dadurch erklären, dass Spitzen, Ecken und Kanten die hervorragendsten Stellen der Oberflächen jener elektrisierten Körper sind, dass an solchen Stellen nach mathematischer Aussprachsweise die sogen. Krümmungshalbmesser unendlich klein sind, somit nach den Antworten der vorigen beiden

ein Ausströmen der Elektricität aus jenen Spitzen etc. erfolgen muss.

Erkl. 151. Dass die elektrischen Wirkungen der Spitzen nur auf der grossen Dichtigkeit der sich in denselben ansammelnden Elektricität beruhen, wurde von *Riess* dadurch nachgewiesen, dass er die Spitzen mit hohlen Leitern umgab. Er stellte z. B. auf eine Metallscheibe eine 29 mm hohe, 18 mm weite Kupferröhre, in welche eine circa 8 mm lange Nadel aufgehängt war und elektrisierte das ganze System. Trotz der stärksten Elektrisierung konnte *Riess* kein Ausströmen der Elektricität aus den Spitzen der Nadel nachweisen, was sich darauf zurückführen lässt, dass sich auf der im Innern eines andern Leiters steckenden Nadel keine Elektricität ansammeln konnte.

Erkl. 152. Staub, welcher sich auf einem elektrisierten Körper befindet, leitet die Elektricität ab, ähnlich wie die auf der Oberfläche eines Körpers befindlichen Spitzen und scharfen Kanten.

Erkl. 153. In nebenstehender Antwort ist der Grund enthalten, warum ein Leiter, bezw. ein isolierter Körper, welcher elektrisiert werden soll, nicht mit Spitzen oder scharfen Kanten versehen sein darf, warum man also bei der Konstruierung von elektrischen Apparaten eckige Formen vermeiden muss. Sie enthält ferner den Grund, warum die zu elektrisierenden Körper nicht mit Staub bedeckt sein dürfen (siehe Erkl. 152), da sonst die mitgeteilte Elektricität sofort wieder durch die Spitzen, scharfen Kanten und etwaigen Staub ausströmt, bezw. abgeleitet wird.

Fragen an jenen Stellen die elektrische Spannung, bezw. die Dichtigkeit der Elektricität sehr gross, bei feinen Spitzen und sehr scharfen Kanten unendlich gross ist, infolgedessen der Leitungswiderstand der Luft, sowie jedes andern Isolators überwunden und die Elektricität von jenen elektrisierten Körpern abgeleitet wird, bezw. aus den erwähnten Spitzen und Kanten ausströmt (siehe die Erkl. 150—153).

Frage 58. Durch welche Experimente kann man das Ausströmen der Elektricität aus Spitzen nachweisen?

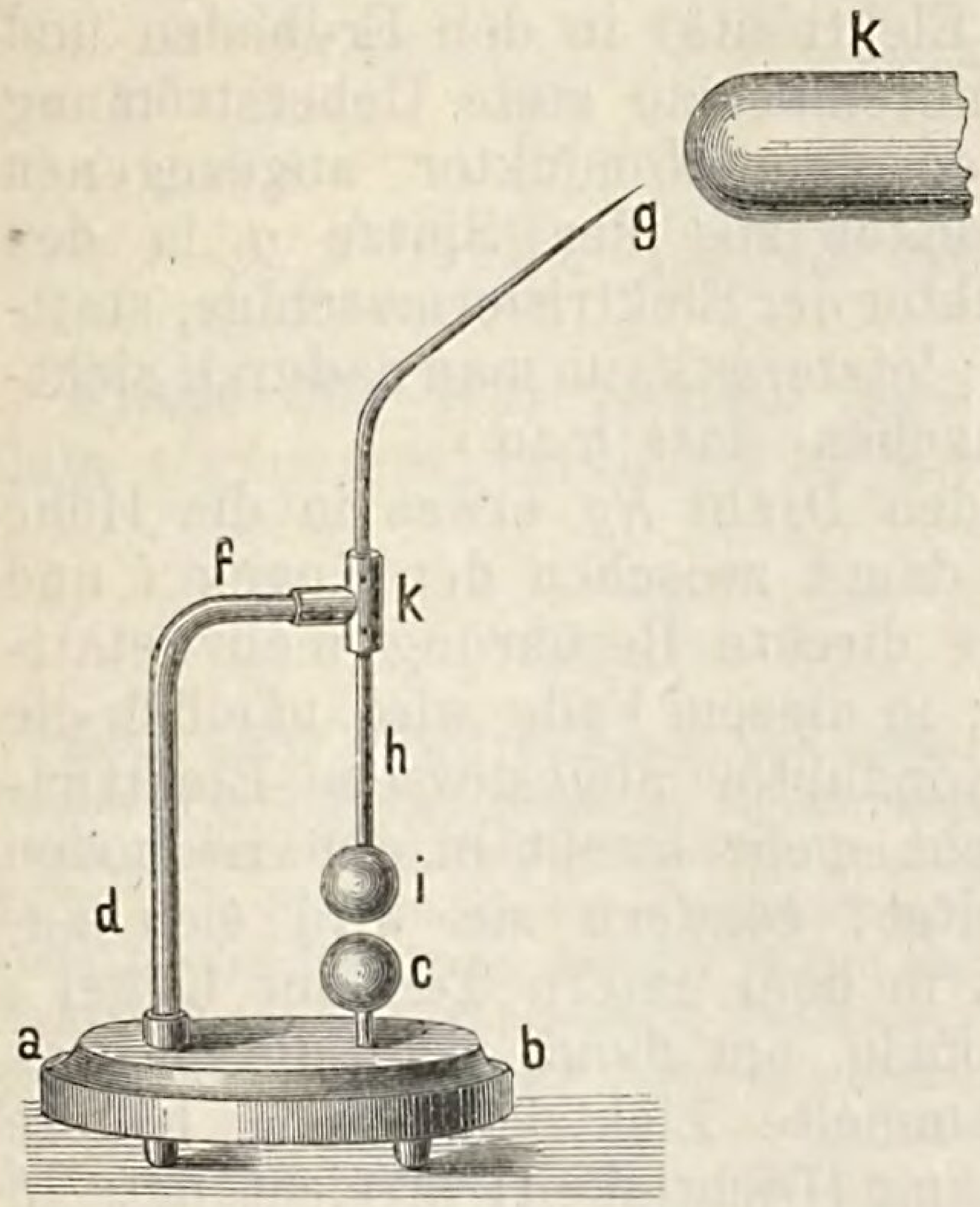
Erkl. 154. Das nebenstehend unter 2). erwähnte und durch die Figur 22 dargestellte Experiment kann man auch umgekehrt als einen Beweis des in einem späteren Abschnitt vorgeführten Gesetzes der elektrischen Influenz oder Verteilung benutzen.

Antwort. Das Ausströmen der Elektricität aus Spitzen kann man durch folgende Experimente nachweisen:

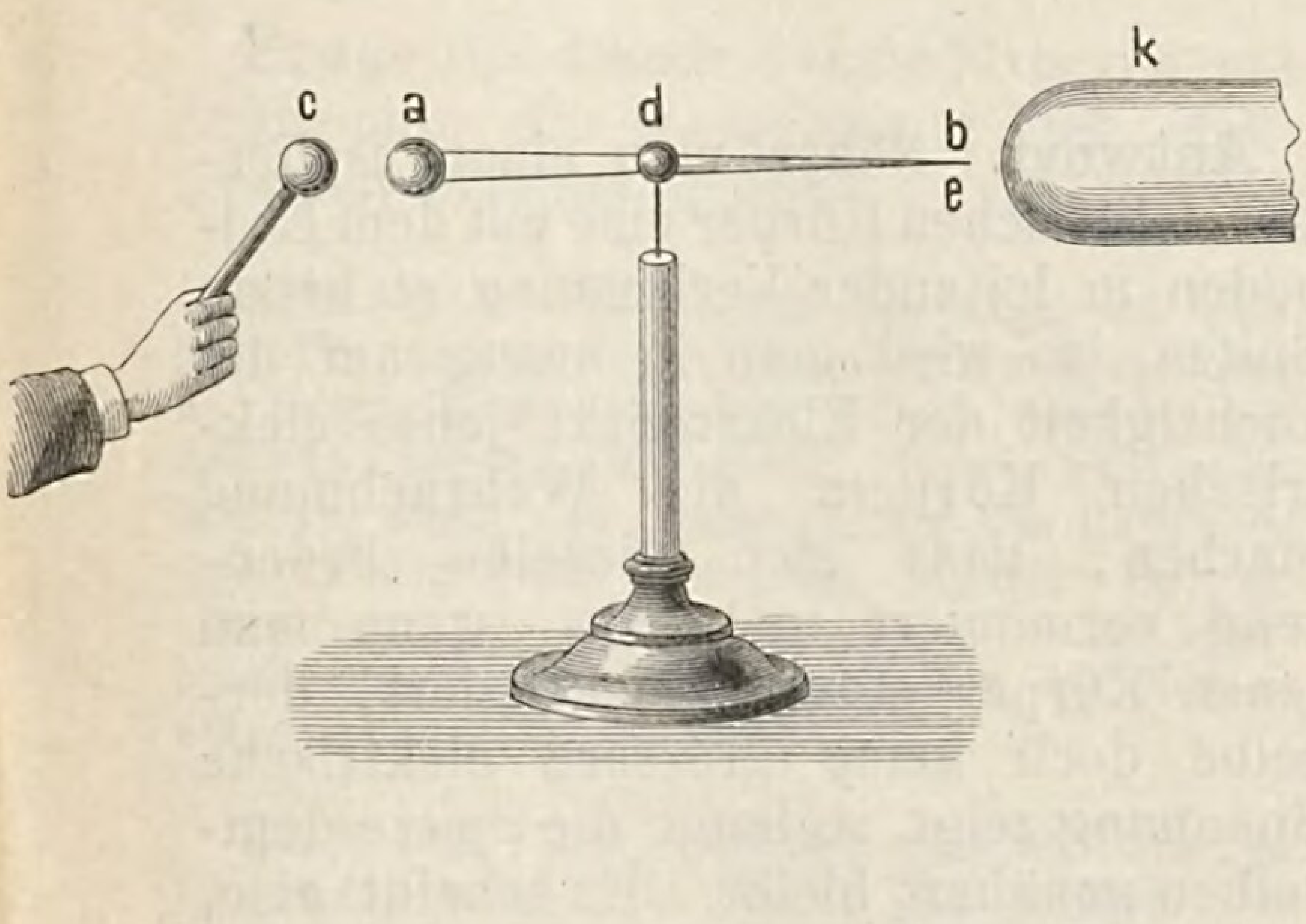
1). Versieht man den Konduktor einer Elektrisiermaschine mit einer Spitze, so wird sich auf dem Konduktor keine Elektricität ansammeln, so lange man auch die Maschine drehen mag, was man daran erkennt, dass man aus dem Konduktor keinen kräftigen Funken ziehen kann. Erklären kann man dies nur dadurch, dass durch die angebrachte Spitze die Elektricität in die umgebende Luft abgeleitet wird.

2). Nähert man dem Konduktur einer Elektrisiermaschine bis auf eine gewisse Entfernung eine Spitze, welche mit dem Erdboden in leitender Verbindung steht, so wird sich ebenfalls trotz wiederholter

Figur 22.



Figur 23.



Umdrehung der Maschine keine Elektricität auf dem Konduktor ansammeln können. Dies kann man sich dadurch erklären, dass, nach dem in einem späteren Abschnitt vorgeführten Gesetz der elektrischen Influenz oder der elektrischen Verteilung, die auf dem Konduktor durch Drehung der Maschine angehäufte Elektricität die in der genäherten Spitze und ihrer Leitung von Natur aus vorhandenen Elektricitäten trennt, die gleichnamige abstösst und die ungleichnamige anzieht; dass sich ferner diejenige Elektricität, welche mit der in dem Konduktor angesammelten ungleichnamig ist, sehr kräftig in der Spitze anhäuft, schliesslich den Leitungswiderstand der Luft überwindet, somit auf den Konduktor selbst überströmt und sich mit der auf demselben befindlichen, mit jener ungleichnamigen Elektricität vereinigt (neutralisiert), und dass die in der Spitze und der Leitung nach dem Gesetz der elektrischen Influenz (siehe Erkl. 154) erregte Elektricität, welche mit der des Konduktors ungleichnamig ist, in den Erdboden abgeleitet wird. Diesen Vorgang kann man folgendermassen sehr schön zeigen:

Stellt, siehe Figur 22, *ab* ein Holzgestell dar, auf welchem mittels eines Messingstiftes die messingene Hohlkugel *c* im Durchmesser von ungefähr 3 cm und die gebogene Glasröhre *df* befestigt ist, und ist *gi* ein in der federnden Hülse *k* eingeschobener und in derselben verschiebbarer gebogener Messingdraht, dessen eines Ende in der Spitze *g*, dessen andres Ende in der jener Kugel *c* gleichen Messingkugel *i* endigt, und man nähert, nachdem die Messingkugel *c* mittels eines Metallkettchens mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt wurde, die Spitze *g* dem Konduktor einer in Drehung versetzten Elektrisiermaschine, so wird man folgende Wahrnehmungen machen:

a). bei der Annäherung der Spitze *g* an den Konduktor in der soeben beschriebenen und durch die Figur 22 dargestellten Weise, wird man keine besonders merkliche elektrische Ladung des Apparats erhalten;

b). schiebt man den Draht *hg* so weit herunter, dass die Kugeln *i* und *c* in Berührung miteinander kommen, so werden die vorhin erwähnten Ueberströmungen, nämlich einmal die stete Ueberströmung der vom Konduktor abgestossenen Elektricität in den Erdboden und das andremal die stete Ueberströmung der von dem Konduktor angezogenen Elektricität aus der Spitze *g* in den Konduktor der Elektrisiermaschine, stattfinden; letzteres kann man dadurch sichtbar machen, dass man

c). den Draht *hg* etwas in die Höhe zieht, damit zwischen den Kugeln *i* und *c* keine direkte Berührung mehr stattfindet; in diesem Falle wird nämlich die vom Konduktor abgestossene Elektricität nicht mehr direkt in den Erdboden abgeleitet, sondern sie wird sich zunächst in dem untern Teil der Kugel *i* ansammeln, um dann, wenn die hierorts angesammelte Elektricität eine höhere Spannung (Dichtigkeit) erreicht hat, in Form eines elektrischen Funkens auf die Kugel *c* überzuspringen. Je näher die Kugeln *c* und *i* zu einander stehen, in desto kleineren Zeitabschnitten werden die überspringenden elektrischen Funken wahrgenommen werden, desto schwächer werden sie aber auch sein.

Erkl. 155. Die Figur 23 stellt dasselbe, in nebenstehender Antwort unter 2). erwähnte Experiment, nur in andrer Form dar. *K* ist der Konduktor einer Elektrisiermaschine, *ab* ist eine isolierte Spitze, welche durch Annäherung des metallischen Knopfs *c* je nach Belieben mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt werden kann.

Frage 59. Welche Erscheinung findet in bezug auf die Dichtigkeit der Elektricität eines isolierten elektrischen Körpers statt, wenn demselben eine mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehende Spitze genähert wird?

Antwort. Nähert man einem isolierten elektrischen Körper eine mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehende Spitze, so wird man in bezug auf die Dichtigkeit der Elektricität jenes elektrischen Körpers die Wahrnehmung machen, dass sich dieselbe bedeutend vermindert und dass, wenn man jenen Körper stärker elektrisiert, derselbe doch keine grössere elektrische Spannung zeigt, so lange die Spitze demselben genähert bleibt. Es scheint also, als ob die Spitze die Elektricität einsauge und deshalb nennt man diese Erscheinung das Einsaugen der Elektricität durch Spitzen (siehe die Erkl. 156 und 157).

Erkl. 156. In welcher Weise man sich das sogenannte Einsaugen der Elektricität durch Spitzen zu erklären hat, ergibt sich aus dem in voriger Antwort unter 2). erwähnten Experiment, bezw. aus dem späteren Abschnitt: Ueber die elektrische Influenz.

Erkl. 157. Die nebenstehend erwähnte Erscheinung kann man mittels folgenden Experiments wahrnehmen.

Neben einem isolierten elektrischen Cylinder stelle man ein Goldblattelektroskop so, dass es den Cylinder berührt. Die Goldblättchen des Elektroskops werden infolge der ihnen von dem Cylinder mitgeteilten Elektricität divergieren. Dann nähere man dem elektrischen

Cylinder eine in der Hand gehaltene Spitze und man wird sofort die Wahrnehmung machen, dass die Divergenz der Goldblättchen sich vermindert und dass sich trotz der kräftigsten Elektrisierung die frühere Divergenz der Goldblättchen nicht mehr erreichen lässt.

9). Ueber den elektrischen Wind.

Frage 60. Was versteht man unter dem sogen. elektrischen Wind?

Antwort. Nähert man einer auf dem Konduktor einer Elektrisiermaschine angebrachten Spitze, während die Maschine gedreht wird, die Hand, so fühlt man einen von jener Spitze ausgehenden Luftzug, den sogen. elektrischen Wind. Derselbe wird dadurch verursacht, dass die in jener Spitze sich stets anhäufende Elektricität vermöge ihrer unendlich grossen elektrischen Spannung den Leitungswiderstand der Luft überwindet, d. h. die benachbarten Luftteilchen durch Mitteilung gleichnamig elektrisch macht, dieselben alsdann abstösst, um andern Luftteilchen Platz zu machen, mit welchen das gleiche stattfindet, wodurch die vorhin erwähnte Strömung der Luftteilchen, der elektrische Wind hervorgerufen wird (siehe Erkl. 158).

Erkl. 158. Wird eine mit der Erde in leitender Verbindung stehende Spitze dem Konduktor einer Elektrisiermaschine genähert, so findet die Strömung des elektrischen Windes stets in der Richtung von der Spitze nach dem elektrisierten Konduktor statt. Indem wie später gezeigt wird, sich an der Stelle des elektrischen Konduktors, welcher der Spitze gegenübersteht, durch sogen. Influenz solche Elektricität ansammelt, welche der in der Spitze erregten entgegengesetzt ist. Die von der Spitze elektrisierten Luftteilchen werden von der entgegengesetzten Elektricität des elektrischen Konduktors angezogen und hierdurch der Wind erzeugt.

Frage 61. Durch welche Experimente kann man die Erscheinung des elektrischen Windes zeigen?

Antwort. Die Erscheinung des elektrischen Windes kann man durch Experimente wie folgt zeigen:

1). Nähert man einer auf dem Konduktor einer Elektrisiermaschine angebrachten Spitze, während die Maschine gedreht wird, die Flamme eines Lichts, so wird man an den Bewegungen der Flamme das Vorhandensein des elektrischen Windes wahrnehmen. Dieselbe kann bei kräftiger Elektrisierung so stark sein, dass das Licht ausgeblasen wird.

2). Befestigt man auf einer isolierten Messingkugel *a*, siehe Figur 24, eine Stahlspitze *bc* und setzt auf diese Stahlspitze ein von leichten Metalldrähten gebildetes Rädchen *fgh* von der Form,

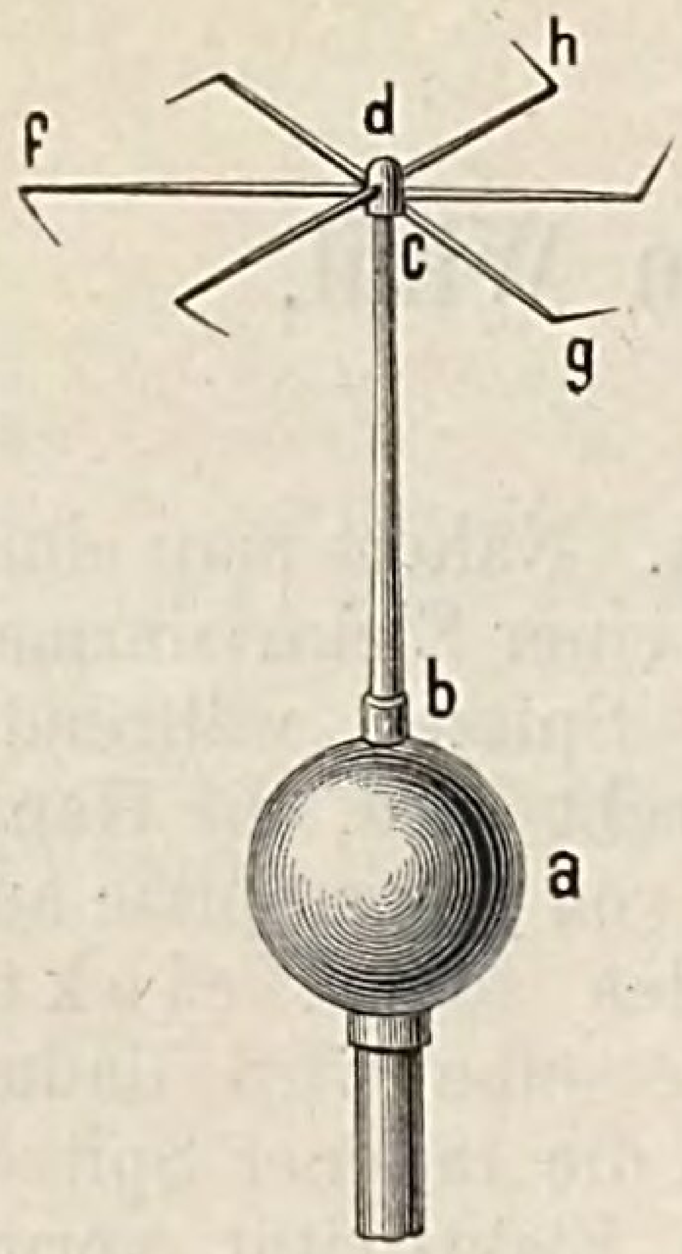
Erkl. 159. Der durch die Figur 24 dargestellte und in nebenstehender Antwort unter 2). beschriebene Apparat führt den Namen das elektrische Flugrad, die elektrische Mühle, oder, wenn man anstatt des Rädchens *fgh* in Figur 24 einen mit scharfen Spitzen versehenen Draht in der Form eines lateinischen S, siehe Figur 25, anwendet, den Namen die elektrische Sichel.

Erkl. 160. Die Drehung des elektrischen Flugrads durch den Wind ist analog der Drehung des Segnerschen oder des Reaktionswasserrads durch ausströmendes Wasser, siehe Fig. 26 und Kleyers Lehrbuch über Hydraulik.

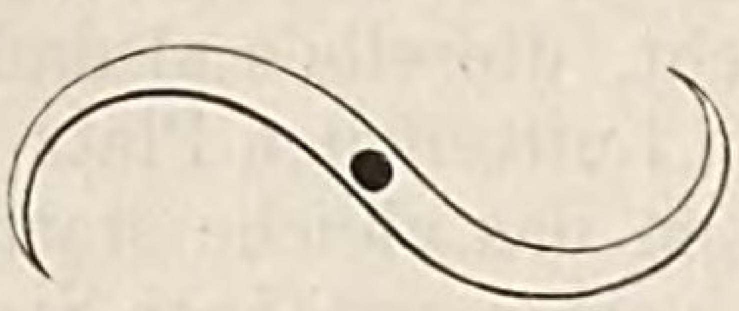
Erkl. 161. Im luftverdünnten Raum (unter der Luftpumpe, wie man zu sagen pflegt) macht das elektrische Flugrad viel langsamere Drehun-

gen, ein Beweis, dass die Drehung eine Folge der zwischen den Luftteilchen und den Spitzen stattfindenden Abstossung ist.

Figur 24.

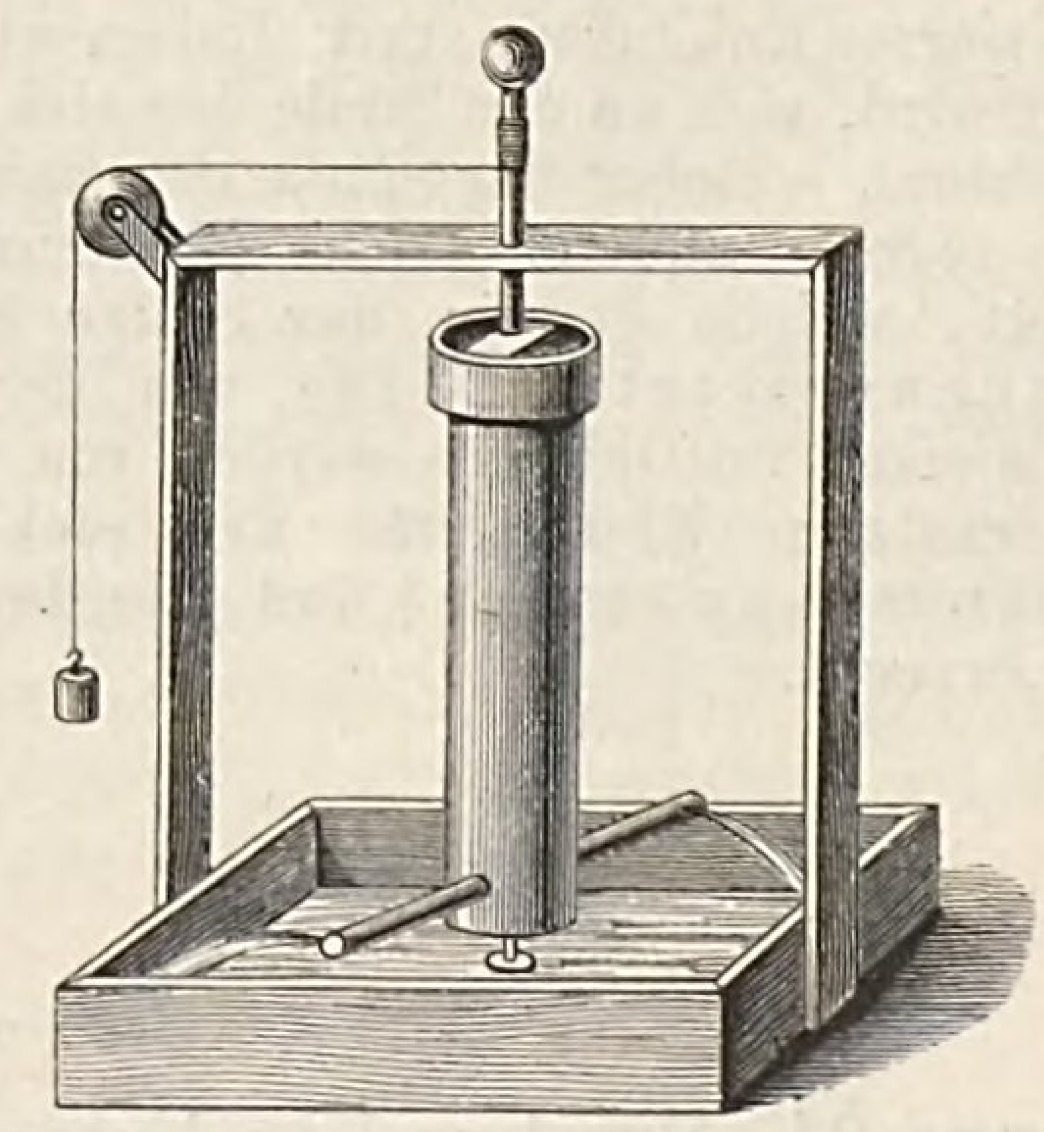


Figur 25.



wie es die Figur 24 zeigt, so wird, sobald man die Kugel *a*, bezw. die ganze Vorrichtung elektrisiert, was am besten dadurch geschieht, dass man die Metallkugel *a* in leitende Verbindung mit dem Konduktor einer in Drehung versetzten Elektrisiermaschine bringt, aus den Spitzen *f*, *g*, *h*, ... die Elektricität ausströmen, bezw. den in voriger Antwort erwähnten elektrischen Wind verursachen. Infolge des aus den Spitzen *f*, *g*, *h*,... ausströmenden elektrischen Windes wird das um die Spitze *c* in horizontaler Ebene drehbare Rädchen, in der der ausströmenden Elektricität entgegengesetzten Richtung, in eine um seine vertikale Axe drehende Bewegung geraten (siehe die Erkl. 159—161).

Figur 26.



10). Ueber die elektrische Wirkung von Flammen.

Frage 62. Welche Erscheinung findet statt, wenn man einen mit einer Flamme versehenen isolierten Körper (Leiter) elektrisiert und auf welche Weise kann man sich die fragliche Erscheinung erklären?

Erkl. 162. Die in nebenstehender Antwort erwähnte elektrische Wirkung der Flammen war schon *Gilbert* und *Kircher* bekannt. Von *Priestley* wurde zuerst experimentell nachgewiesen, dass die Flamme ein guter Leiter der Elektricität ist.

Antwort. Elektrisiert man einen gut isolierten, mit einer Flamme oder einem glimmenden Stoff versehenen Körper (Leiter), so wird man die Erscheinung wahrnehmen, dass die Elektricität ähnlich wie aus einer Spitze oder scharfen Kante durch die Flamme wieder ausströmt, bezw. durch dieselbe auf-

Erkl. 163. *Volta* war der erste, welcher die in nebenstehender Antwort erwähnte sog. elektrische Wirkung der Flammen mit der in Antwort der Frage 57 erwähnten sogen. elektrischen Wirkung der Spitzen verglich. *Volta* versuchte irrtümlicherweise diese durch die Flammen, bezw. durch die Spitzen verursachten Erscheinungen auf die des elektrischen Windes zurückzuführen. *Riess* jedoch wies nach, dass ein Ausströmen, bezw. Aufsaugen durch die Flamme schon in den Fällen stattfindet, in welchen die angehäufte Elektricität noch viel zu gering ist, um den elektrischen Wind hervorbringen zu können.

Erkl. 164. Da die bei einer Verbrennung sich entwickelnden Gase Spitzen bilden, durch welche nach nebenstehender Antwort die Elektricität abgeleitet wird, so werden nicht alle mit Flammen versehene oder glimmende elektrische Körper die erwähnte Erscheinung zeigen, sondern nur solche, welche bei der Verbrennung solche Gase entwickeln, die Leiter der Elektricität sind.

Bei brennendem Schwefel wird man z. B. die Erscheinung nicht wahrnehmen, da sich schweflige Säure bildet, welche die Elektricität nicht leitet.

Erkl. 165. Aus nebenstehender Antwort ergibt sich, dass man einen nicht leitenden Körper dadurch vollkommen unelektrisch machen kann, indem man ihn einigemal rasch durch eine Weingeistflamme zieht.

gesaugt oder abgeleitet wird, was sich dadurch erklären lässt, dass von der Flamme aus Gasströme aufsteigen, welche wie Spitzen, nur noch in viel stärkerem Mass, die Ableitung der Elektricität verursachen, indem diese Dämpfe viel feinere Spitzen vorstellen, als diejenigen sind, welche auf mechanischem Weg hergestellt werden und stets nur abgestumpfte Kegel sein können (siehe die Erkl. 162—165).

Frage 63. Durch welche Experimente kann man das Ausströmen der Elektricität aus Flammen, mit welchen elektrisierte Körper versehen sind, bezw. das Aufsaugen der Elektricität durch Flammen nachweisen?

Antwort. Das Ausströmen der Elektricität aus Flammen oder glimmenden Körpern, mit welchen elektrisierte Körper versehen sind, kann man durch folgende Experimente nachweisen:

1). Versieht man einen isolierten und elektrisierten Körper (Leiter) mit einer Flamme oder einem glimmenden Stoffe, als Feuerschwamm, Lunte, Räucherkerzchen etc., so wird man bald die Wahrnehmung machen, dass er seine Elektricität verloren hat.

2). Bringt man eine mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehende Flamme in die Nähe eines isolierten und elektrisierten Körpers, z. B. in die Nähe des Konduktors einer Elektrisiermaschine, so kann man eine der in Antw. der Frage 58 unter 2). erwähnten ähnliche Erscheinung wahrnehmen, dass nämlich die Flamme die auf dem Konduktor angesammelte Elektricität aufzusaugen scheint, bezw. ableitet, und zwar in viel stärkerem Grade als

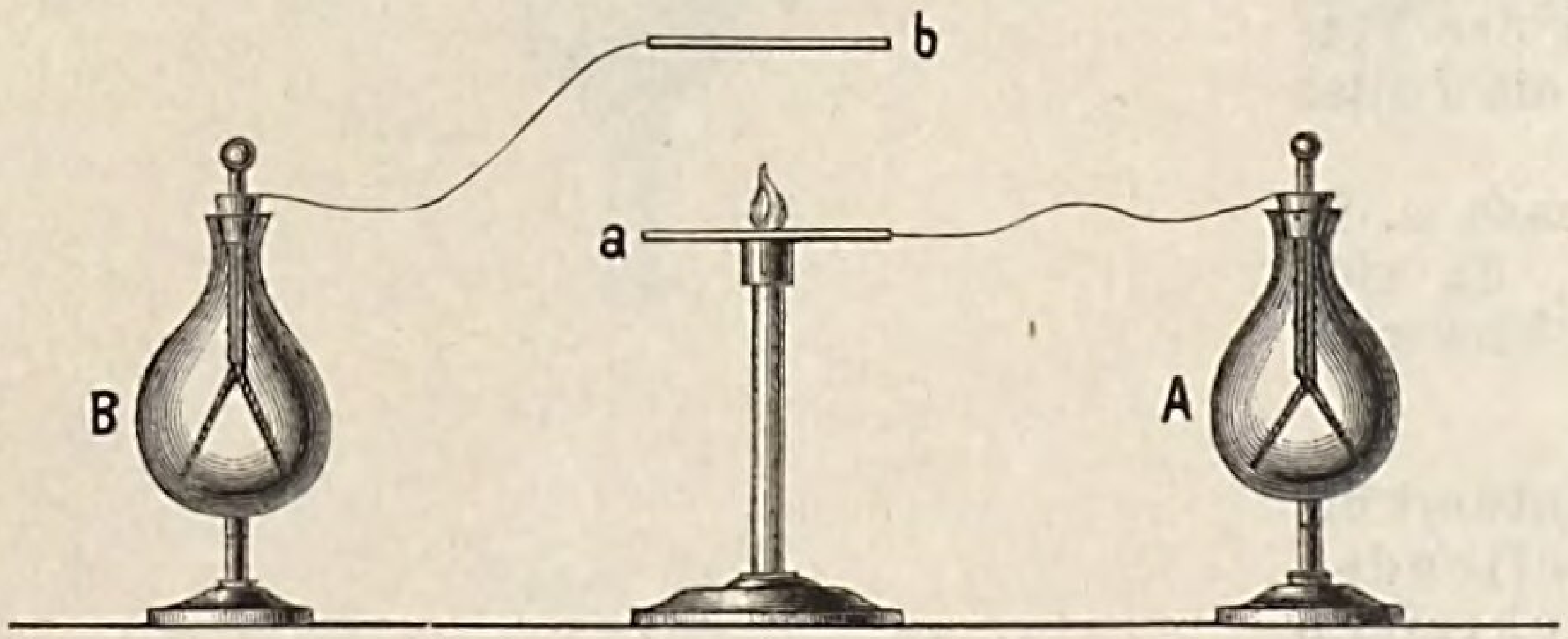
Erkl. 166. Ein dem in nebenstehender Antwort unter 3). erwähnten Experiment ähnliches wurde von *Volta* ausgeführt, indem er den Knopf eines Elektroskops mit einem brennenden Schwamm versah, um dadurch die in der atmosphärischen Luft enthaltene Elektricität aufzusaugen.

es jene Metallspitze thut, was man auch durch folgendes Experiment erkennen kann (siehe Erkl. 166).

3). Bringt man auf dem Knopf einer Leydener Flasche eine Flamme an und stellt die Flasche in die Nähe des Konduktors einer in Drehung befindlichen Elektrisiermaschine, so wird man die Beobachtung machen können, dass hierdurch die Leydener Flasche gerade so geladen wird, als ob man den Knopf derselben in direkte Verbindung mit dem Konduktor gebracht hätte.

4). Stellt man nach den Angaben von *Riess* zwei isolierte und mit Elektroskopen in Verbindung stehende Platten *a* und *b* in einer Entfernung von circa 15 cm, wie die Figur 27 zeigt, einander gegenüber und setzt auf die untere Platte *a* eine kleine Kerze *k*, so wird man die Wahrnehmung machen, dass wenn die Platte *a* durch Mitteilung elektrisiert wurde, das mit der Platte *a* in Verbindung stehende Elektroskop *A* schon in kurzer Zeit keine Divergenz seiner Goldblättchen mehr zeigt, während das mit der Platte *b* in Verbindung stehende Elektroskop *B* eine vergrösserte Divergenz seiner Golblättchen zeigt. Wird hingegen die isolierte Platte *b* statt der Platte *a* elektrisiert, so wird man an den Elektroskopen die umgekehrte Erscheinung wahrnehmen.

Figur 27.



Im 1. Falle wird von *a* und *A* die Elektricität a b g e l e i t e t, im 2. Falle wird von *b* und *B* die Elektricität a u f g e s a u g t.

Stülpt man über die Kerze *k* eine cylindrische Röhre von Metall, so hört die elektrische Wirkung der Kerzenflamme *k* auf.

11). Ueber den allmählichen Verlust der Elektricität elektrischer Körper.

Frage 64. Was kann man in bezug auf den allmählichen Verlust der Elektricität eines isolierten und elektrisierten Körpers (Leiters) aussagen?

Antwort. In bezug auf den allmählichen Verlust der Elektricität eines isolierten und elektrisierten Körpers ist im

Erkl. 167. Auf welche Weise man den allmählichen Verlust der Elektricität eines isolierten und elektrisierten Körpers (Leiters) messen kann, wird in einem späteren Abschnitt gezeigt.

allgemeinen festgestellt, dass jeder noch so gut isolierte und elektrisierte Körper mit der Zeit seine Elektricität teilweise, ja vollständig verliert (siehe Erkl. 167).

Frage 65. Worauf lässt sich der allmähliche Verlust der Elektricität eines isolierten und elektrisierten Körpers zurückführen?

Erkl. 168. Die in nebenstehender Antwort unter 1). erwähnte Ursache des allmählichen Verlustes der Elektricität lässt sich durch folgendes Experiment erkennen.

Bläst man über einen elektrisierten Glas- oder Harzstab, oder auch über einen isolierten und elektrisierten Körper, wobei man jedoch demselben nicht zu nahe kommen darf, da sonst ein elektrischer Funke überspringt, so zeigt sich der Glas- oder Harzstab, bezw. jener isolierte Körper nachher gar nicht mehr oder nur noch wenig elektrisch.

Erkl. 169. Die Zerstreuung der Elektricität durch die Luft kann man in gewisser Hinsicht vergleichen mit der Abkühlung eines Körpers durch Luftberührung. In beiden Fällen entstehen Wirbelbewegungen, welche bei der Zerstreuung der Elektricität durch den ungleichen elektrischen Zustand, bei der Abkühlung eines Körpers durch das ungleiche spezifische Gewicht der warmen und kalten Luft, hervorgerufen werden.

Erkl. 170. Je grösser die elektrische Spannung auf einem isolierten Körper ist, um so mehr Elektricität wird sich der umgebenden Luft mitteilen, um so mehr Elektricität wird durch die niemals vollkommenen Isolatoren, deren Leitungswiderstand durch eine grössere elektrische Spannung um so leichter überwunden wird, abgeleitet.

Antwort. Die Ursachen des allmählichen Verlustes der Elektricität eines noch so gut isolierten und elektrisierten Körpers (vorausgesetzt, dass derselbe nicht mit Spitzen, scharfen Kanten oder Ecken versehen oder mit Staub bedeckt ist und sich nicht in der Nähe von ableitenden Flammen und Leitern befindet) sind folgende:

1). Die dem isolierten und elektrisierten Körper am nächsten liegenden Luftteilchen werden infolge der Mitteilung der Elektricität mit jenem Körper gleichnamig elektrisch, mithin abgestossen und durch andre Luftteilchen ersetzt, mit welchen dasselbe stattfindet (siehe Erkl. 168). Dies nennt man die Zerstreuung der Elektricität durch die Luft (siehe Erkl. 169).

2). Die Isolatoren, von welchen der elektrisierte Körper gehalten wird, isolieren niemals vollständig, indem es zwar gute Isolatoren, aber keine vollständigen Isolatoren gibt (siehe Erkl. 170), weshalb die Elektricität immerhin, wenn auch nur schwach abgeleitet wird.

3). Die Wasserdämpfe, welche sich in der Luft befinden und auf die Isolatoren in Form einer dünnen Wasserschicht sich niederschlagen, leiten ganz besonders die Elektricität ab.

Frage 66. Welche Vorsichtsmassregeln muss man bei einem isolierten und elektrisierten Körper beobachten, damit der allmähliche Verlust seiner Elektricität auf ein Minimum beschränkt bleibt?

Erkl. 171. Die einen isolierten und elektrisierten Körper umgebende Luft kann man mittels Chlorcalcium, welches die wässerigen Bestandteile der Luft aufsaugt, trocknen.

Erkl. 172. Das Chlorcalcium oder der salzsaure Kalk ist eine chemische Verbindung von

Antwort. Damit der allmähliche Verlust der Elektricität eines isolierten und elektrisierten Körpers möglichst gering bleibt, hat man nach vorausgegangenem folgende Vorsichtsmassregeln zu beachten:

1). der Körper darf keine Spitzen, scharfe Kanten und Ecken, überhaupt

Calcium und Chlor. Das geschmolzene Chlorcalcium hat die Eigenschaft, das Wasser begierig aufzusaugen. Deshalb benutzt man es zum Austrocknen von Gasen und der atmosphärischen Luft.

Erkl. 173. Will man wissen, ob ein Isolator vollständig seinen Zweck erfüllt, so untersuche man, ob ein durch mehrere, jenem gleichen, Isolatoren getragener elektrischer Körper mehr Elektricität verliert, als wenn er nur durch einen, jenem gleichen, Isolator getragen wird. Ist dies nicht der Fall, so erfüllt der in Rede stehende Isolator vollständig seinen Zweck.

Erkl. 174. Dass die besten Isolatoren, wie Glas und Harze, die Elektricität, wenn auch nur schlecht leiten, erkennt man daran, wenn man mit einem Glas-, Siegellack-, Schellack- oder Schwefelstäbchen etc. einen elektrisierten Körper berührt; man wird nach einiger Zeit an der Berührungsstelle oder in deren Nähe Spuren von Elektricität erkennen.

Erkl. 175. Auf Glas und Seide schlagen sich besonders gern Wasserdämpfe nieder, deshalb überziehe man dieselben mit Schellackfirnis, wodurch nach *Coulombs* Versuchen, lange Glasstangen von 40 bis 50 cm Länge, ebenso gut isolieren, als wenn sie ganz aus Schellack bestünden.

Erkl. 176. Ist die einen isolierten und elektrisierten Leiter umgebende Luft vollständig getrocknet und erfüllen die Isolatoren jenes Leiters die in der Erkl. 173 angegebene Bedingung, so wird die Ursache des allmählichen Verlustes der Elektricität die unter 1). in voriger Antwort erwähnte sein, was man auch daran erkennt, dass wenn in der umgebenden Luft keine Veränderungen durch Wärme, Wind etc. stattfinden, der allmähliche Verlust während dieser Zeit ein konstanter ist.

Weiteres über die Messung des allmählichen Verlustes findet man in einem späteren Abschnitt.

Erkl. 177. *Coulomb* wies nach, dass je länger eine isolierende Stütze ist, sie desto besser isoliert.

Erkl. 178. Je stärker die elektrische Ladung eines isolierten Körpers werden soll, um so länger, bezw. um so besser müssen die den Körper isolierenden Stützen sein.

Coulomb fand z. B., dass unberücksichtigt des Verlustes der Elektricität durch Zerstreuung in die Luft, zur Isolierung eines Körpers von doppelter Elektricitätsmenge ein viermal so langer Seidefaden erforderlich ist, als er bei einfacher Elektricitätsmenge nötig war.

Erkl. 179. Eine sehr praktische Vorrichtung, isolierende Glasfüsse trocken zu

keine Unebenheiten haben und muss glatt poliert sein;

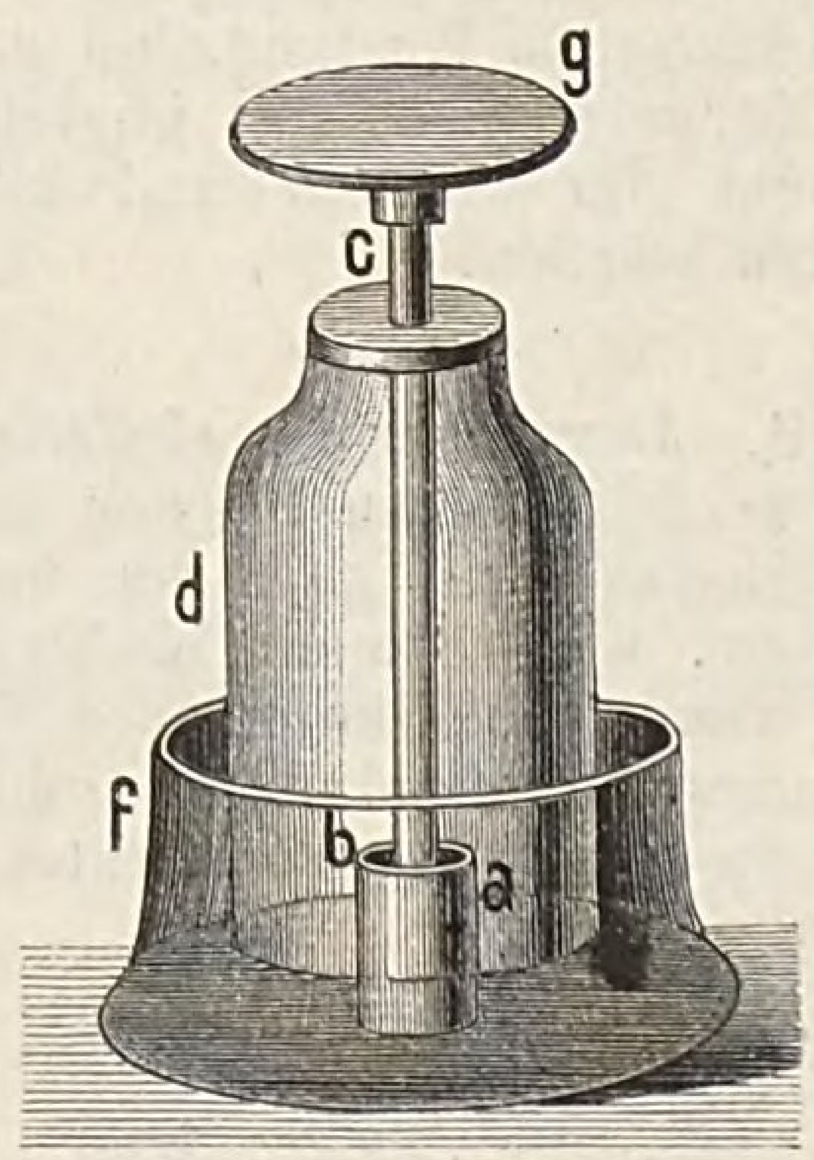
2). der Körper darf nicht in die Nähe von Flammen oder andern guten Leitern der Elektricität gebracht werden;

3). der Körper muss stets vollkommen staubfrei gehalten werden;

4). die umgebende Luft muss möglichst trocken gehalten werden;

5). die den Körper haltenden Isolatoren müssen von ziemlicher Länge und vor feuchten Niederschlägen geschützt sein, was stattfindet, wenn die umgebende Luft trocken ist, ferner muss der Leitungswiderstand der Isolatoren grösser sein als die elektrische Spannung des durch sie isolierten elektrischen Körpers ist.

Figur 28.



halten, ist die durch die Figur 28 dargestellte. Dieselbe besteht in folgendem:

In einem Ring *a* ist die den Teller oder Tisch *g* tragende Glassäule *bc* fest eingekittet. Die Glassäule *bc* trägt die an ihrem oberen Ende eingekittete Glasglocke *d*. Die Glocke *d* reicht mit ihrer unteren Oeffnung frei in das Gefäss *f*. In das Gefäss *f* wird konzentrierte Schwefelsäure gegossen, so dass sie einen Teil des Ringes *a* umspült. Die Schwefelsäure saugt die Feuchtigkeit der in der Glocke *d* befindlichen und die Säule *bc* umgebenden Luft auf und hält sie auf diese Weise trocken. Ferner wird die Luft, welche zwischen den Wandungen der Glocke *d* und des Gefässes *f* in den Raum der Glocke *d* strömt, ebenfalls durch die Schwefelsäure, über welche sie strömen muss, vorher getrocknet.

Körper, welche auf den Teller *g* des Apparats gelegt werden, können somit sehr gut isoliert werden, was für empfindliche Experimente oft von grossem Vorteil ist.

Erkl. 180. Die Isolation solcher Körper, mit welchen in der Weise experimentiert wird, dass man sie in die Hand nehmen muss, findet am besten dadurch statt, dass man sie an einem Ebonitstab befestigt. Da jedoch Ebonit bei der Berührung mit der Hand und durch Reiben selbst elektrisch wird, also dann kein Isolator mehr ist, so muss man die Berührung desselben mit der Hand vermeiden, deshalb befestigt man an dem isolierenden Ebonitstab noch einen metallenen Handgriff oder einen Handgriff von Holz, welcher mit Staniol belegt ist.

Erkl. 181. Um Isolatoren, wie Glassäulen, Ebonitstäbe etc. von etwaiger an ihrer Oberfläche erregter Elektricität zu befreien, ziehe man dieselben mehrmals rasch durch eine Weingeistflamme.

Erkl. 182. Beim Befestigen von Isolatoren an guten Leitern müssen alle sogen. Nieten aufs sorgfältigste vermieden werden, da dieselben ähnlich wie alle Erhöhungen, als Spitzen, scharfe Kanten, Ecken etc. wirken. Die Befestigung findet am besten innerhalb der äusseren Oberfläche des Leiters statt, ähnlich wie die Glassäule an der Messingkugel in Figur 12 befestigt ist.

12). Ueber den Entladungsschlag, die Schlagweite und den elektrischen Funken im allgemeinen.

Frage 67. In welcher Weise findet die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten statt?

Antwort. Die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten findet entweder durch unmittelbare Berüh-

Erkl. 183. Zu den in nebenstehender Antwort erwähnten plötzlichen Entladungen benutzt man besonders solche elektrische Sammelapparate wie die Leydener Flasche und die elektrische Batterie. Ausführliches über dieselben findet man in einem späteren Abschnitt.

rung zweier sich in den verschiedenen elektrischen Zuständen befindlicher Körper statt, oder sie erfolgt plötzlich schon durch blosse Annäherung zweier solcher Körper mittels des sogen. elektrischen Entladungsschlags.

Frage 68. Auf welche Weise entsteht der sogenannte elektrische Entladungsschlag?

Antwort. Nähert man zwei mit entgegengesetzten Elektricitäten geladene elektrische Körper, so wird die nächste Folge sein, dass sich nach dem in Antwort der Frage 39 aufgestellten Gesetz die entgegengesetzten Elektricitäten anziehen und zu vereinigen suchen, dass sie sich also in denjenigen Teilen beider elektrischer Körper ansammeln, welche einander zugekehrt sind, bezw. am nächsten zu einander liegen. Die elektrische Spannung beider Körper wird somit an jenen Stellen grösser und wächst, je mehr man beide Körper nähert. Wird infolge dieser steten Annäherung die elektrische Spannung auf jenen Körperteilen so gross, dass sie den Leitungswiderstand der Luft überwindet, so wird in diesem Falle eine gewaltsame Vereinigung beider entgegengesetzter Elektricitäten und zwar durch den beide Elektricitäten trennenden Nichtleiter (Luft oder Flüssigkeit, Glas etc.) stattfinden, welche man, da nach der Vereinigung der Elektricitäten beide Körper sich nicht mehr elektrisch zeigen und ausserdem die Vereinigung beider Elektricitäten mit einem gewissen Geräusch oder Schlag begleitet ist, den Entladungsschlag nennt.

Frage 69. Was versteht man unter der Schlagweite und durch welche Distanz wird dieselbe gemessen?

Erkl. 184. Die Schlagweite ist im allgemeinen eine sehr verschiedene und hängt besonders unter sonst gleichen Umständen von der Stärke der elektrischen Ladungen beider elektrischer Körper ab. Ueber die Grösse der Schlagweite findet man weiteres in späteren Abschnitten.

Antwort. Die grösste Entfernung, innerhalb welcher noch ein Entladungsschlag stattfindet, wenn man zwei mit entgegengesetzten Elektricitäten geladene Körper einander nähert, nennt man die Schlagweite.

Da nach voriger Antwort bei der Annäherung jener beiden Körper die entgegengesetzten Elektricitäten sich an denjenigen Stellen anhäufen, welche ein-

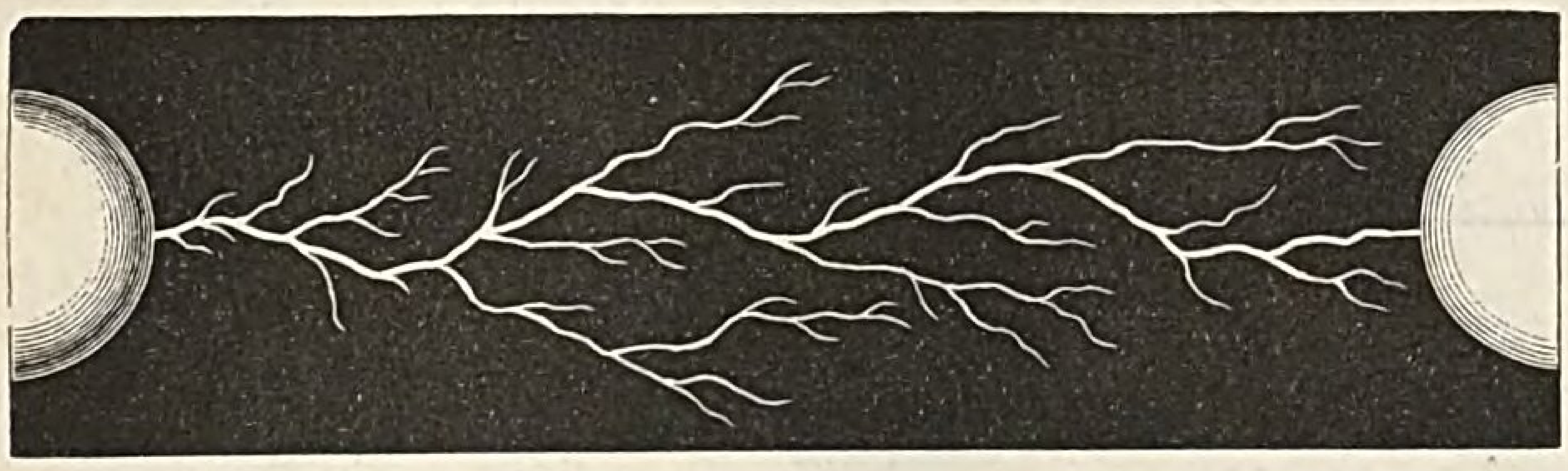
ander zugekehrt sind und die Vereinigung der Elektricitäten durch den Entladungsschlag somit an den zunächst liegenden Punkten beider Körper stattfinden muss, so muss auch die Schlagweite durch die Entfernung (Distanz) der am nächsten liegenden Punkte beider Körper gemessen werden (siehe die Erkl. 184 und 185).

Erkl. 185. Wie später gezeigt wird, ist die Schlagweite unter sonst gleichen Umständen im luftleeren, bezw. im luftverdünnten Raum grösser als in einem mit Luft erfüllten Raum.

Frage 70. Was versteht man unter dem elektrischen Funken?

Antwort. In dem Augenblick, in welchem der Entladungsschlag zwischen zwei mit verschiedenen Elektricitäten geladenen und genäherten Körpern stattfindet, verlieren beide elektrische Körper ihre Elektricität. In dem Moment der Vereinigung beider Elektricitäten machen sie den Weg, auf welchem sich ihre Vereinigung vollzog und welcher durch den trennenden Isolator führt, dessen Leitungswiderstand sie haben überwinden müssen, erglühen, und die durch dieses momentane Erglühen hervorgerufene Lichterscheinung heisst elektrischer Funken (siehe die Erkl. 186—190).

Figur 29.



Erkl. 186. Die Form des elektrischen Funkens ist bei schwachen elektrischen Ladungen ein gerader Lichtstrahl, bezw. ein leuchtender Punkt. Bei stärkeren elektrischen Ladungen, wie sie z. B. mit Hülfe einer kräftigen Elektrisiermaschine hervorgerufen werden, nimmt der elektrische Funke eine durch die Figur 29 dargestellte Form an.

Erkl. 187. Um die Form eines elektrischen Funkens zu erkennen, muss das betreffende Experiment, wie auch durch die Figur 29 angedeutet ist, im dunkeln Raum angestellt werden.

Erkl. 188. Im luftleeren, bezw. im luftverdünnten Raum breitet sich der elektrische Funken mehr aus, da die Ueberwindung des Leitungswiderstands der Luft weniger Kraft beansprucht.

Erkl. 189. Die Versuche lehren, dass elektrische Funken überall da erscheinen, wo Elektricitäten von einem Leiter über einen Zwischenraum, bezw. durch einen isolierenden Körper hindurch auf einen andern Leiter überspringen. Wie sich aus dem Gesetz der elektrischen Influenz ergibt, ist jeder elektrische Funken auf die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten zurückzuführen (siehe Antwort der Frage 72).

Erkl. 190. Ueber die mechanischen Wirkungen des elektrischen Entladungsschlags und über die Verwendung des elektrischen Funkens zu mancherlei Zwecken findet man weiteres in späteren Abschnitten.

Frage 71. Auf welche Weise lässt sich das den Entladungsschlag begleitende Geräusch erklären?

Antwort. Das den Entladungsschlag begleitende Geräusch, Knistern, Knallen etc. erklärt sich dadurch, dass die Luft infolge des Erglühens desjenigen Teils der Luft, durch welchen die Elektricitäten ihren Weg nehmen, momentan sehr stark ausgedehnt wird, bezw. dass momentan ein luftverdünnter Raum hierdurch entsteht, in welchen in dem darauffolgenden Augenblick die umgebenden Luftteilchen sich hineinstürzen und hierdurch das erwähnte Geräusch, das Knistern, den Knall oder Schlag verursachen, welches den Entladungsschlag begleitet und kennzeichnet.

13). Ueber die elektrische Influenz oder die elektrische Verteilung.

(Elektro-statische Induktion.)

a). Ueber das Gesetz der elektrischen Influenz.

Frage 72. Was versteht man unter dem Gesetz der elektrischen Influenz oder dem Gesetz der elektrischen Verteilung?

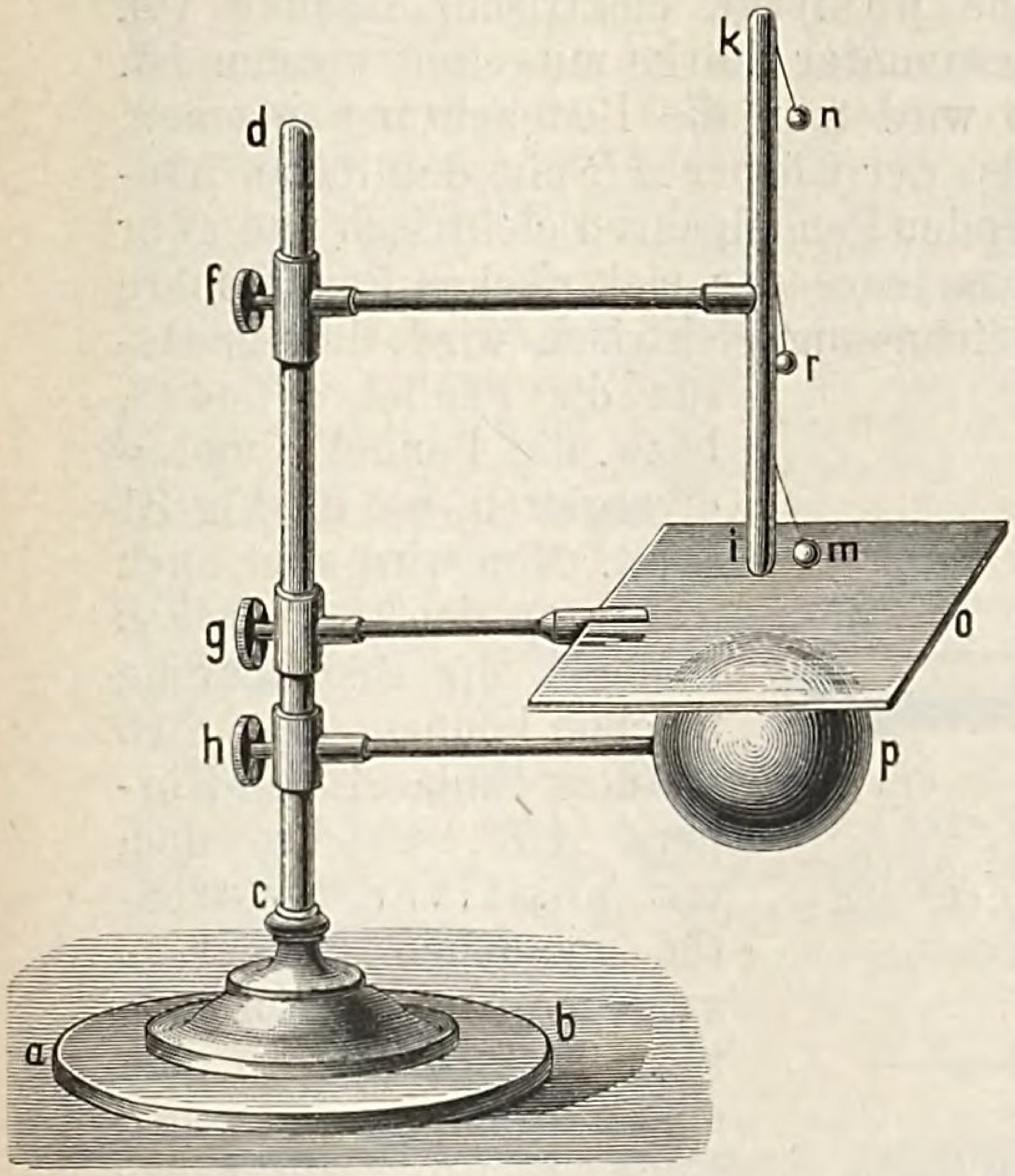
Erkl. 191. Die durch das Gesetz der elektrischen Influenz oder Verteilung veranschaulichte Erscheinung ist die Analogie der magnetischen Verteilung, nach welcher ein einem weichen Eisenstück genäherter Magnet in ersterem die sogen. magnetische Verteilung hervorruft, nur mit dem Unterschied, dass ein elektrischer Körper in diesem Sinn auf alle Substanzen wirkt, während ein magnetischer Körper nur auf weiches Eisen wirkt (siehe Kleyers Lehrbuch des Magnetismus, Abschnitt II, 7).

Antwort. Unter dem Gesetz der elektrischen Influenz oder Verteilung versteht man die Erscheinung, dass wenn man einem isolierten Körper (Leiter) A einen elektrischen Körper B nähert, ohne denselben mit dem Körper A in direkte Berührung zu bringen (und ohne dass von dem einen Körper ein Funken auf den andern überspringt), ersterer Körper A elektrisch wird, dabei aber an dem Ende, welches dem genäherten elektrischen Körper B zugewendet ist, solche Elektricität zeigt, die mit der des letzteren Körpers ungleichnamig ist und an demjenigen Ende, welches dem Körper B abgewendet ist, gleichnamige Elektricität zeigt. Dieses Gesetz kann man auch allgemein wie folgt ausdrücken:

„Jede Elektricität bewirkt in ihrer Nähe ein Herbeiströmen der entgegengesetzten und ein Wegströmen der gleichnamigen Elektricität“.

Frage 73. Durch welche Experimente kann man das in voriger Antwort ausgesprochene Gesetz der elektrischen Influenz oder Verteilung nachweisen?

Figur 30.



Erkl. 192. Der durch die Figur 30 dargestellte und zu nebenstehend unter 1). erwähnten Experimenten benutzte Apparat, auch Verteilungsapparat genannt (zuerst von *Riess* in Anwendung gebracht), besteht aus folgendem:

An dem Holzfuss *ab* ist die gut isolierende Glassäule *cd* befestigt. Diese Glassäule dient zur Befestigung dreier gut isolierenden Glasarme mittels der Klemmschrauben *f*, *g* und *h*. Die drei soeben erwähnten Glasarme sind in jeder Richtung und in jeder beliebigen Höhe zu einander verstellbar. Der obere Glasarm trägt den an beiden Enden abgerundeten vertikalen Messingstab *ik*, an welchem die drei an circa 3 cm langen leinenen Fäden befestigten Markkügelchen *m*, *n* und *r* befestigt sind. Der mittlere Glasarm trägt die Glasscheibe *o* und der untere Glasarm trägt die hohle Messingkugel *p*. Das mittlere Pendel *r* kann verschoben werden.

Erkl. 193. Anstatt der durch Mitteilung zu elektrisierenden Kugel *p*, siehe Figur 30, kann man auch eine geriebene Siegellackstange benutzen.

Erkl. 194. Sind zwei elektrische Pendel entgegengesetzt elektrisch, so erkennt man

Antwort. Das in voriger Antwort ausgesprochene Gesetz der elektrischen Influenz oder Verteilung kann man durch folgende Experimente nachweisen:

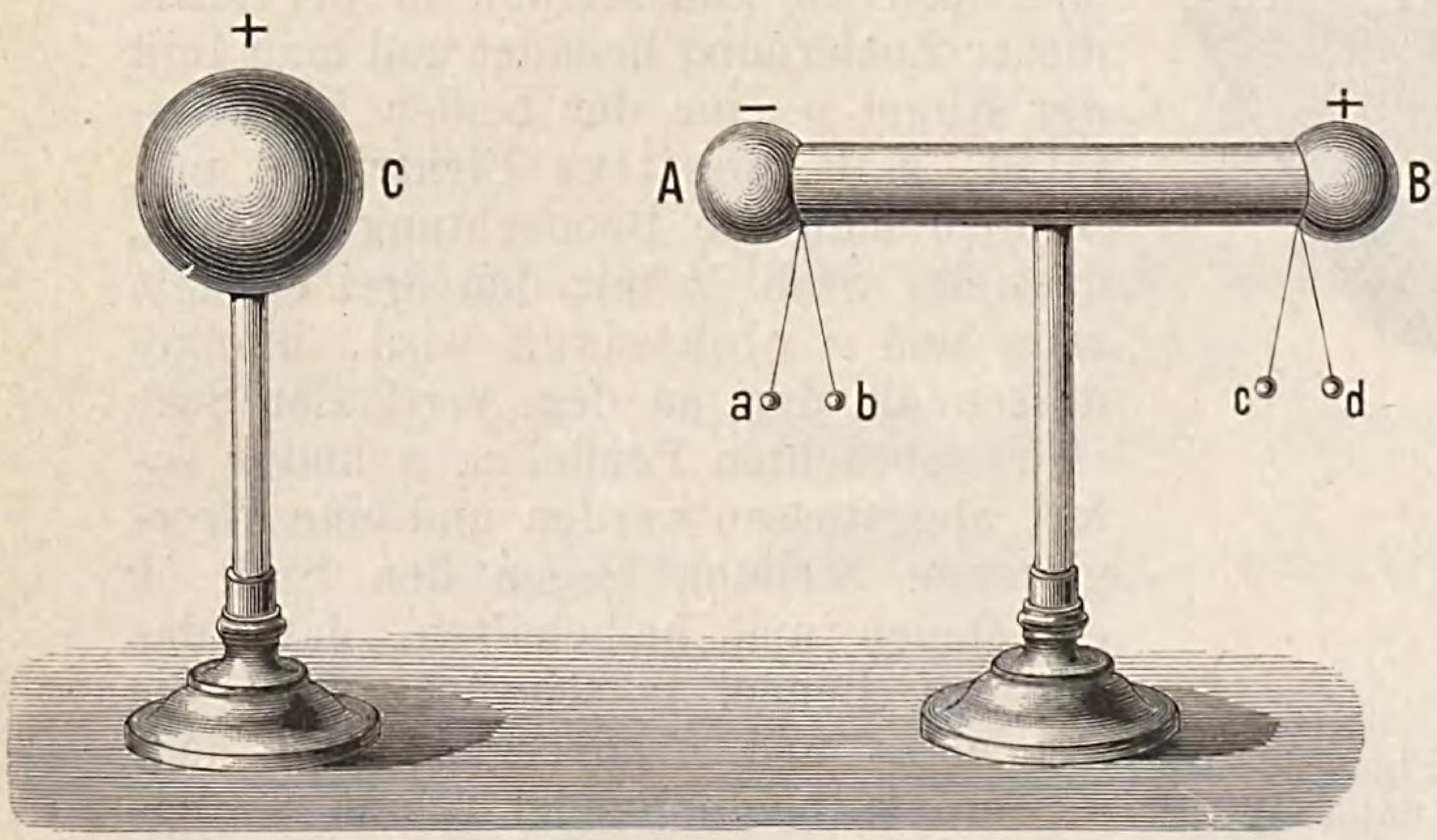
1). Stellt man in dem durch die Figur 30 dargestellten und in der Erkl. 192 beschriebenen Apparat die Messingkugel *p*, die Glasscheibe *o* und den vertikalen Messingstab *ik* so, dass die Mittelpunkte der Kugel und der Scheibe in die verlängerte vertikale Axe des Stabs zu liegen kommen, dass ferner das untere Ende des Stabs *ik* von der Oberfläche der Kugel *p* circa 3 cm entfernt ist, dass sich die Glasscheibe in der Mitte dieser Entfernung befindet und man teilt der Kugel *p* eine der beiden Elektricitäten, z. B. positive Elektricität mit, so wird man die Beobachtung machen, dass der Stab *ik* mit den drei Pendeln *m*, *n* und *r* elektrisch wird, infolgedessen die drei an dem vertikalen Stab *ik* angebrachten Pendel *m*, *n* und *r* sofort abgestossen werden und eine divergierende Stellung gegen den Stab *ik* einnehmen und beibehalten, dass das mittlere Pendel *r* schwächer als die Pendel *m* und *n* divergiert und dass ausserdem beide Pendel *m* und *n* entgegengesetzte Elektricitäten zeigen, dass nämlich, wenn wie vorstehend erwähnt die Kugel *p* mit positiver Elektricität geladen wurde, das untere Pendel *m* negative, das obere Pendel *n* aber positive Elektricität zeigt (s. Erkl. 194).

Entfernt man durch Lösen der Klemmschraube *h* die elektrisierte Kugel *p*, so wird der durch die nicht leitende Glasscheibe *o* hindurch vorher von der Kugel *p* elektrisierte Stab *ik* wieder vollständig unelektrisch, was man daran erkennt, dass die Pendel *m*, *n* und *r* wieder ihre ursprüngliche vertikale Stellung einnehmen. Nähert man wieder die elektrische Kugel *p*, so wird die vorherige Erscheinung wieder auftreten. Untersucht man ferner den elektrischen Zustand der Kugel *p*, so wird man die weitere Beobachtung machen, dass die Kugel von ihrer Elektricität, während sie den Stab *ik* elektrisierte, nichts verloren hat.

dies daran, wenn man jedem derselben z. B. eine geriebene Siegellack- oder Harzstange nähert. Das eine Pendel wird von derselben angezogen, das andre aber abgestossen. Das erstere ist alsdann +, das andre — elektrisch. In analoger Weise kann man den entgegengesetzten elektrischen Zustand mittels einer geriebenen Glasstange untersuchen.

Erkl. 195. Ladet man die Kugel *p*, siehe Figur 30, mit negativer Elektricität, so ist das Experiment in allem dasselbe, das obere und das untere Pendel zeigen die stärkste Divergenz; in betreff der Art der in den Pendeln *m* und *n* erregten Elektricität ist jedoch in diesem Fall das untere +, das obere — elektrisch.

Figur 31.



Erkl. 196. Anstatt bei dem nebenstehend unter 2). erwähnten und durch die Figur 31 dargestellten Experiment, den elektrisierten Körper *C* dem Körper *AB* zu nähern, kann man auch, wenn der elektrische Körper *C* ein feststehender, wie z. B. der Konduktor einer Elektrisiermaschine ist, den Körper *AB* dem feststehenden elektrischen Körper *C* nähern.

Erkl. 197. Benutzt man bei dem unter 2). in nebenstehender Antwort erwähnten Experiment statt dem isolierten elektrischen Körper *C* den Konduktur einer Elektrisiermaschine (siehe Erkl. 196), so wird schon bei einer Entfernung von 40—60 cm des Körpers *AB* von dem Konduktor jener Maschine, sobald letztere in Drehung versetzt wird, die erwähnte Erscheinung eintreten.

Erkl. 198. Die an dem Körper *AB*, siehe Figur 31, angebrachten Doppelpendel zur Erkennung des elektrischen Zustandes desselben rühren von *Biot* her.

Da das Pendelpaar, welches dem elektrisierten Körper *C* zunächst sich befindet, auch bedeutend von dem in der Nähe befindlichen Kör-

2). Nähert man dem durch die Figur 31 dargestellten gut isolierten Körper (Leiter) *AB*, an dessen Enden mittels leitenden (leinenen) Fäden die Pendelpaare *a* und *b*, *c* und *d* angebracht sind, den gut isolierten Körper *C*, welchem z. B. eine positive elektrische Ladung von bestimmter Stärke mitgeteilt worden ist, so wird man die Beobachtung machen, dass der Körper *AB* mit den daran hängenden Pendelpaaren elektrisch und zwar dass jedes der elektrischen Pendelpaare gleichnamig elektrisch wird, infolgedessen die Pendel *a* und *b*, bezw. die Pendel *c* und *d* divergieren, wie die Fig. 31 zeigt. Man wird aber auch ferner an den elektrischen Pendeln die Beobachtung machen können, dass sich an dem Ende *A* des Körpers *AB*, welches dem mit positiver Elektricität geladenen Körper *C* zugewendet ist, negative Elektricität, an dem entgegengesetzten Ende *B* positive Elektricität angesammelt hat. Das letztere erkennt man auch am besten mittels der bereits in der Erkl. 131 erwähnten Probescheibchen. Berührt man nämlich mit einem solchen Scheibchen den Körper *AB* an dem dem elektrisierten Körper *A* zugewendeten Ende *A*, und nähert alsdann das durch diese Berührung mit derjenigen Elektricität geladene Probescheibchen, welche sich an dieser Stelle des Körpers *AB* befindet, einem an einem Seidefaden hängenden, mit negativer Elektricität geladenen Pflanzenmarkkügelchen, so wird letzteres von dem Probescheibchen abgestossen, woraus sich ergibt, dass das Probescheibchen ebenfalls mit negativer Elektricität geladen ist, bezw. dass sich an der Stelle *A* des Körpers *AB* negative Elektricität befindet. Auf gleiche Weise kann man feststellen, dass sich am andern Ende *B* des Körpers *AB* positive Elektricität angesammelt hat. (Siehe Erkl. 196—198.)

per C abgelenkt wird, was Zweideutigkeiten verursachen kann, so ist die Feststellung des elektrischen Zustandes mittels der Probescheibchen vorzuziehen.

Erkl. 199. Die zum Nachweis des Gesetzes der elektrischen Influenz gemachten Experimente führten auch zur Erkenntnis des Unterschieds, welcher zwischen der Wirkung der elektrischen Kraft und der der magnetischen Kraft hindurch besteht. Während nämlich die induzierende oder influenzierende Wirkung eines Magnets auf eine Magnetnadel oder ein weiches Eisenstück durch einen andern zwischen denselben eingeschalteten Körper unverändert hindurch stattfindet, ist die analoge Wirkung eines elektrischen Körpers auf die elektrische Nadel oder auf einen isolierten Leiter durch einen andern zwischen demselben eingeschalteten Körper hindurch nicht in der unveränderten Weise bemerkbar, indem sie zunächst den dazwischen befindlichen Körper elektrisiert und dieser Körper dann erst auf jenen Körper wirkt.

Erkl. 200. Durch das Gesetz der elektrischen Influenz (siehe Antwort der Frage 72) wird nachgewiesen, dass die Elektricität, wie der Magnetismus, und die Schwerkraft zu den unmittelbar und momentan wirkenden Kräften gerechnet werden muss.

3). Stellt man eine elektrische Nadel in die Nähe eines elektrischen Körpers, so wird das eine Ende derselben von einer geriebenen und genäherten Harzstange angezogen, das andre Ende aber abgestossen. Das umgekehrte findet statt, wenn man eine geriebene Glasstange den beiden Nadelenden nähert.

Frage 74. Warum nennt man das in Antwort der Frage 72 angeführte Gesetz das Gesetz der elektrischen Influenz oder Verteilung?

Erkl. 201. Die in nebenstehender Antwort erwähnte Elektricitätserregung nennt man elektrische Influenz, Atmosphärenwirkung, verteilende Wirkung oder auch elektro-statische Induktion (siehe Antw. der Frage 11).

Erkl. 202. Die lateinischen Bezeichnungen Influenz und Induktion sind im allgemeinen gleichbedeutend, indem erstere ein Hineinfliessen, letztere ein Hineinführen bedeuten und diese Begriffe nur im Sinne der dem Wesen der Elektricität zu Grunde liegenden Hypothesen gebraucht werden.

Antwort. Untersucht man einen elektrisierten Körper A, durch dessen blosse Annäherung ein andrer isolierter Körper B so elektrisiert wird, dass er an den entgegengesetzten Enden entgegengesetzte Elektricitäten zeigt, nach jedem derartigen, durch die Figuren 30 und 31 dargestellten und wiederholten Experiment auf die Grösse seiner elektrischen Spannung, so findet man, dass der Körper A in dieser Beziehung keine Veränderung erlitten hat, dass also die Ursache, warum jener Körper B die beiden entgegengesetzten Elektricitäten zeigt, in letzterem Körper selbst gesucht werden muss, dass der Körper B nämlich, wie bei der Symmerschen Hypothese angenommen wird, von Natur aus beide Elektricitäten in gleicher Menge und vollständig gleichmässiger Verteilung enthält, und dass die Elektricität des Körpers A nur eine sogen. verteilende, influenzierende, indu-

zierende Wirkung auf die in dem Körper *B* von Natur aus vorhandenen und gleichmässig verteilten Elektricitäten ausübt, nämlich die dem elektrisierten Körper *A* ungleichnamige Elektricität anzieht und in dem demselben zugewendeten Ende festhält, bezw. bindet, und die dem elektrisierten Körper *A* gleichnamige Elektricität abstösst und in das dem Körper *A* abgewandte Ende hintreibt.

Infolge dieser Verteilung der Elektricitäten, welche sich im natürlichen Zustande eines jeden Körpers befinden, wurde jenes Gesetz das Gesetz der elektrischen Verteilung, der elektrischen Influenz oder auch der elektrischen Induktion genannt.

b). Ueber die gebundene und freie Elektricität, bezw. über die Influenzelektricitäten der I[ten] und 2[ten] Art.

Frage 75. Was versteht man unter der gebundenen, was unter der freien Elektricität?

Antwort. Unter der gebundenen Elektricität versteht man im allgemeinen diejenige Elektricität, welche sich nicht fortbewegen kann, also an irgend einer Stelle der Oberfläche eines elektrisierten Körpers durch eine entgegengesetzte Elektricität festgehalten wird. Im Gegensatz hierzu nennt man diejenige Elektricität, welche sich fortbewegen kann, freie Elektricität (siehe die Erkl. 203 und 204 und folgende Antwort).

Erkl. 203. Die Bezeichnungen gebundene und freie Elektricität wurden von *Lichtenberg* eingeführt.

Erkl. 204. Nach der in Antw. der Frage 45 angeführten Symmerschen Hypothese enthält ein Körper in seinem unelektrischen oder natürlichen (neutralen) Zustand gleiche Mengen entgegengesetzter Elektricitäten, welche sich gegenseitig so festhalten, so vereinigen, oder wie man auch sagen könnte, so binden, dass sich keine derselben fortbewegen kann.

Man könnte somit auch bei einem Körper, welcher sich im natürlichen Zustand befindet, von gebundener Elektricität sprechen.

Hiernach würden sich die Definitionen der gebundenen und der freien Elektricität wie folgt geben lassen:

Unter der freien Elektricität versteht man die Elektricität, durch welche sich der elektrische Zustand eines Körpers zeigt; unter der gebundenen Elektricität hingegen versteht man diejenige Elektricität, welche sich in keiner Weise offenbart, bezw. durch welche sich der natürliche Zustand eines Körpers kennzeichnet (siehe die Erkl. 209).

Frage 76. Welches Experiment führte zu dem Begriff der gebundenen, bezw. der freien Elektricität?

Antwort. Zu dem Begriff der gebundenen, bezw. der freien Elektricität,

Erkl. 205. Um einen elektrisierten Körper mit dem Erdboden in leitende Verbindung zu bringen, braucht man ihn, da der menschliche Körper ein guter Leiter der Elektricität ist, nur mit dem Finger zu berühren.

Erkl. 206. Das in nebenstehender Antwort angeführte Experiment zeigt, dass einem mit der Erde leitend verbundenen elektrischen Körper nicht immer seine Elektricität abgeleitet werden kann, nämlich dann nicht, wenn sich in der Nähe desselben ein andrer elektrischer Körper mit entgegengesetzter Elektricität befindet.

Erkl. 207. Durch das in nebenstehender Antwort angeführte Experiment kann man das in Antwort der Frage 72 aufgestellte Gesetz der elektrischen Influenz dahin erweitern und sagen:

Nähert man einem die Elektricität leitenden und sich im unelektrischen, also im natürlichen oder neutralen Zustand befindlichen Körper A einen guten Leiter, einen elektrischen Körper B, so werden in jenem Körper A durch Influenz beide Elektricitäten erregt. Ist hierbei der Körper A isoliert, so zeigt er auf dem dem Körper B zugekehrten Teil solche Elektricität, die mit der des Körpers B ungleichnamig ist, auf dem andern Teil die jener gleichnamige Elektricität; ist hingegen der Körper A leitend mit der Erde verbunden, so zeigt er nur solche Elektricität, welche mit der jenes Körpers B ungleichnamig ist.

wie er in voriger Antwort gegeben, führte folgendes Experiment:

Wird, siehe Figur 31, der isolierte Körper AB der influenzierenden Wirkung des elektrischen Körpers C ausgesetzt und bringt man den durch die elektrische Influenz oder Verteilung elektrisierten Körper AB an dem Ende B in leitende Verbindung mit dem Erdboden, so wird man sofort die Wahrnehmung machen, dass die Pendel bei B zusammenfallen, die bei A aber noch mehr divergieren. Welche weitere Stelle des Körpers AB man auch mit der Erde in leitende Verbindung bringen mag, die Pendel an dem Ende A, das ist dasjenige Ende, welches dem influenzierenden elektrischen Körper C am nächsten steht, werden nicht zusammenfallen. Hieraus lässt sich schliessen, dass diejenige Elektricität, welche von dem influenzierenden Körper abgestossen wird, das ist die Elektricität, welche mit der des influenzierenden Körpers gleichnamig ist, abgeleitet werden kann, dass sie frei beweglich ist, während die Elektricität, welche von dem influenzierenden Körper angezogen wird, das ist die Elektricität, welche mit der des influenzierenden Körpers ungleichnamig ist, festgehalten oder gebunden wird.

Dasselbe lässt sich zeigen, wenn man in dem durch die Figur 30 dargestellten Apparat das obere Ende des Stabs ik ableitend berührt, während derselbe der influenzierenden Wirkung der elektrischen Kugel p ausgesetzt ist.

Dieses Experiment, nach welchem man irrtümlicherweise annahm, dass die durch Influenz erregte Elektricität andre Eigenschaften habe als die durch Mitteilung oder Reibung erregte, und zwar aus dem Grunde, weil sie sich nicht fortbewegen kann, führte zur Feststellung des Begriffs der gebundenen und der freien Elektricität (siehe die Erkl. 205 und 207).

Frage 77. Ist die gebundene Elektricität ihrem Wesen nach eine andre als die freie Elektricität?

Antwort. Die in Antwort der Frage 75 allgemein definierte gebundene und

freie Elektricität sind ihrem Wesen nach vollkommen gleich, indem sie stets gemeinsame Eigenschaften aufweisen (siehe Erkl. 208). Dass sich die Teilchen derjenigen Elektricität, welche auf einem nicht isolierten Leiter, oder auf einem isolierten mit der Erde aber in leitender Verbindung stehenden Leiter durch Influenz hervorgerufen wird, nicht fortbewegen können, rührt nur daher, dass der Kraft, mit welcher sich die einzelnen Partikelchen derselben von einander abstossen und die Ursache der Fortbewegung sind, von der anziehenden Kraft des influenzierenden Körpers, bezw. durch die anziehende Kraft der dem influenzierenden Körper mitgeteilten Elektricität, welche zu jener gebundenen die entgegengesetzte ist, das Gleichgewicht gehalten wird, was man auch daran erkennt, dass sobald letztere Kraft durch Beseitigung des influenzierenden Körpers entfernt wird, der durch Influenz oder Verteilung elektrisierte Körper sich in seinem vorherigen Zustand zeigt.

Erkl. 208. Bei den durch die Figuren 30 und 31 dargestellten Experimenten ersieht man, dass sowohl die Pendel an den Stellen, wo sich die gebundene Elektricität befindet, als auch an den Stellen, wo sich die freie Elektricität befindet, divergieren, woraus sich ergibt, dass sich sowohl die Teilchen der gebundenen, als auch die Teilchen der freien Elektricität gegenseitig abstossen.

Frage 78. Welche besonderen Namen führte man statt den Bezeichnungen gebundene und freie Elektricität ein?

Antwort. Die an einem isolierten Körper oder einem Leiter *A* mittels Annäherung und ohne direkte Berührung eines elektrischen Körpers *B* hervorgerufenen Elektricitäten nennt man im allgemeinen Influenzelektricitäten, und zwar nennt man diejenige, welche sich in jenem Körper *A* an den dem elektrischen Körper *B* zugewandten Stellen ansammelt und welche nach Antwort der Frage 76 mit dem Namen gebundene Elektricität bereits bezeichnet wurde, die Influenzelektricität der 1ten Art; die andre, welche sich am entgegengesetzten Ende ansammelt und welche nach Antwort der Frage 76 mit dem Namen freie Elektricität bezeichnet wurde, die Influenzelektricität der 2ten Art (siehe die Erkl. 209).

Erkl. 209. Die Bezeichnungen Influenzelektricität der 1ten Art und Influenzelektricität der 2ten Art wurden von *Riess* eingeführt und zwar aus dem Grunde, weil bei der Bezeichnung dieser Elektricitäten mit den Namen gebundene und freie Elektricität falsche Vorstellungen hervorgerufen worden sind.

Wie sich nämlich aus der Erkl. 204 ergibt, könnte man auch von gebundener Elektricität bei einem Körper sprechen, welcher sich in seinem natürlichen Zustand befindet; im Gegensatz hierzu kann man von freier Elektricität bei einem Körper sprechen, welcher sich in einem elektrischen Zustand befindet.

Da aber die gebundene Elektricität, welche hiernach ein Körper in seinem natürlichen Zustande enthält, durchaus keine Wirkung zeigt, aber dennoch vorhanden ist, während die nach der Antwort der Frage 75 definierte gebundene Elektricität immer noch eine Wirkung zeigt, was man daran erkennt, dass die Pendel *a* und *b* in Figur 31 divergieren, so entsteht hier durch die in Antwort der Frage 75 definierte gebundene und freie

Elektricität ein Widerspruch, sobald man nämlich die in einem unelektrischen Körper im neutralen oder natürlichen Zustand befindliche Elektricität gebundene Elektricität nennt. Da letzteres, entsprechend der Symmerschen Hypothese, nicht verworfen werden kann, so suchte *Riess* jenen Widerspruch dadurch zu beseitigen, dass er für die durch Influenz hervorgerufenen Elektricitäten statt der Namen gebundene und freie Elektricität, bezw. die Namen Influenzelektricität der 1ten Art und Influenzelektricität der 2ten Art substituierte.

Erkl. 210. Die Art der Erregung der Elektricität durch Influenz oder Verteilung (oder durch Induktion) nennt man, entsprechend den in nebenstehender Antw. angeführten Bezeichnungen, Elektricitätserregung durch Influenz, Verteilung oder Induktion.

c). Ueber die Art der Verbreitung der Influenzelektricitäten.

Frage 79. Ist die durch Influenz erregte Elektricität an allen Stellen der Oberfläche eines auf diese Weise elektrisierten Körpers gleich stark und wie lässt sich die Aussage beweisen?

Antwort. Die durch Influenz erregte Elektricität ist nicht an allen Stellen der Oberfläche eines auf solche Weise elektrisierten Körpers gleich stark, sie nimmt von den Enden des Körpers nach einer bestimmten Stelle hin, der sogen. Indifferenzzone stetig ab.

Diese Aussage wird an sich schon durch die Thatsache bewiesen, dass sich, wie mittels der in Antwort der Frage 73 angeführten Experimente gezeigt wurde, die durch Influenz hervorgerufenen entgegengesetzten Elektricitäten an den Enden ansammeln, indem sich hieraus der Schluss ziehen lässt, dass nicht die ganze Oberfläche des Stabs ik in Figur 30, bezw. des cylindrischen Körpers AB in Figur 31 gleich stark elektrisch wird.

Experimentell kann man die gemachte Aussage durch Auf- und Abschieben des mittleren Pendels r, welches in dem durch die Figur 30 dargestellten Apparat angebracht ist, nachweisen, indem es an einer gewissen Stelle des Stabs, an der vorhin erwähnten Indifferenzzone, die geringste bezw. keine Divergenz, von da nach beiden Seiten hin weitergeschoben stets stärkere Divergenz zeigt. Die Lage

Erkl. 211. Die Anordnung der durch Influenz hervorgerufenen Elektricitäten auf der Oberfläche eines Körpers ist analog der Anordnung der magnetischen Fluida in einem Magnetstab.

Erkl. 212. Die Indifferenzzone liegt immer näher nach dem Teil des durch Influenz elektrisierten Körpers zu, welcher die Influenzelektricität der 1ten Art zeigt, indem durch die Nähe des influenzierenden Körpers die Influenzelektricität der 1ten Art eine grössere Spannung zeigt, bezw. sich bei grösserer Dichte auf eine kleinere Fläche ansammelt, als dies bei der Influenzelektricität der 2ten Art, auf welche keine entgegengesetzte Elektricität wirkt, der Fall ist. Hieraus ergibt sich, dass die Influenzelektricität der 1ten Art eine kleinere Fläche als die der 2ten Art einnimmt.

der Indifferenzzone selbst ist abhängig von der Entfernung des elektrisch verteilend wirkenden Körpers *p*.

Frage 80. Was kann man in bezug auf die Mengen der entgegengesetzten Elektricitäten aussagen, welche durch Influenz in einem isolierten Körper erregt wurden?

Antwort. Die in einem isolierten Körper (Leiter) durch Influenz hervorgerufenen entgegengesetzten Elektricitäten (das sind die Influenzelektricitäten 1^{ter} und 2^{ter} Art) kommen in vollkommen gleicher Menge vor.

Diese Aussage kann man beweisen mittels der in Antw. der Frage 73 erwähnten Experimente; sobald man nämlich bei den erwähnten Experimenten den influenzierenden Körper entfernt oder unelektrisch macht, so verschwindet auch wieder sofort die erregte Influenzelektricität vollständig, was sich nur dadurch erklären lässt, dass die beiden entgegengesetzten Influenzelektricitäten sich sofort wieder vollständig vereinigen, neutralisieren oder binden, mithin in gleicher Menge vorhanden gewesen sein müssen.

Erkl. 213. Bei den in nebenstehender Antw. erwähnten Experimenten muss vorausgesetzt werden, dass der durch Influenz elektrisierte Körper von seiner freien Elektricität, bezw. von seiner Influenzelektricität der 2^{ten} Art, welche sich bekanntlich ableiten lässt, durch schlechte Isolation oder durch irgend welche andre Ableitung nichts verloren hat.

Man muss deshalb bei diesen Versuchen mit der Wegnahme des influenzierenden Körpers nicht warten, bis von jener freien Elektricität durch die Luft etc. abgeleitet wurde.

Erkl. 214. In den meisten Fällen bleibt nach der Wegnahme des influenzierenden Körpers ein Ueberschuss der Influenzelektricität der 1^{ten} Art zurück, indem von der Influenzelektricität der 2^{ten} Art ein Teil sich in der Luft etc. zerstreute, weil dieselbe frei und nicht gebunden ist, wie die Influenzelektricität der 1^{ten} Art.

d). Ueber die Elektrisierung isolierter Körper durch Influenz.

Frage 81. Auf welche Weise kann man einen isolierten Körper durch Influenz so elektrisieren, dass er sich auch nach der Fortnahme des influenzierenden Körpers noch elektrisch zeigt?

Antwort. Will man einen isolierten Körper durch Influenz so elektrisieren, dass er sich auch nach der Fortnahme des influenzierenden Körpers noch elektrisch zeigt, so hat man nur zu verhindern, dass sich nach der Fortnahme des influenzierenden Körpers die durch Influenz erregten entgegengesetzten Influenzelektricitäten nicht vereinigen können, man muss sie also von einander getrennt halten. Dies kann man auf folgende Weise erreichen:

1). Ist ein isolierter Körper *A* der influenzierenden Wirkung eines elektrischen Körpers *B* ausgesetzt, so verbinde man den Körper *A* an irgend einer Stelle, ganz einerlei an welcher, leitend mit

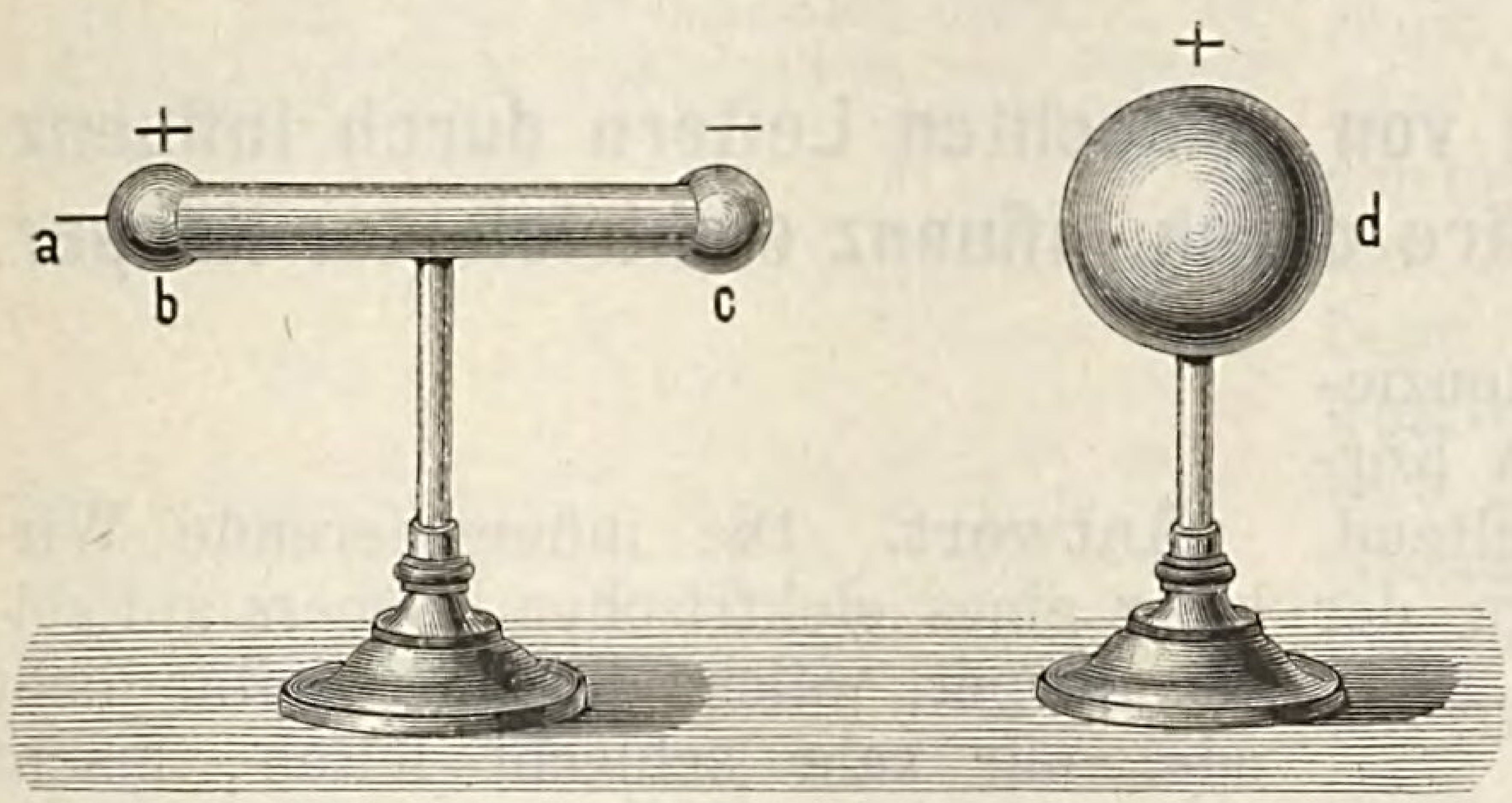
Erkl. 215. Je länger ein Leiter ist, der der influenzierenden Wirkung eines elektrischen Körpers ausgesetzt ist, um so stärker tritt die Scheidung der Influenzelektricitäten der 1. und 2. Art hervor und um so kräftiger kann man einen solchen Leiter durch Influenz elektrisieren.

dem Erdboden (siehe Erkl. 205); durch diese leitende Verbindung wird die freie, besser gesagt, die Influenzelektricität der 2ten Art über die Erde abgeleitet. Unterbricht man alsdann diese leitende Verbindung und entfernt dann den influenzierenden Körper, so bleibt auf demselben nur die gebundene, oder besser gesagt, die Influenzelektricität der 1ten Art zurück, welche sich über die Oberfläche des Körpers *A* verbreitet. Auf diese Weise kann man einen isolierten Körper auch durch Influenz bleibend elektrisieren; hierbei hat man aber zu beachten, dass ein solcher elektrisierter Körper die entgegengesetzte Elektricität enthält, als diejenige ist, welche der influenzierende Körper zeigt.

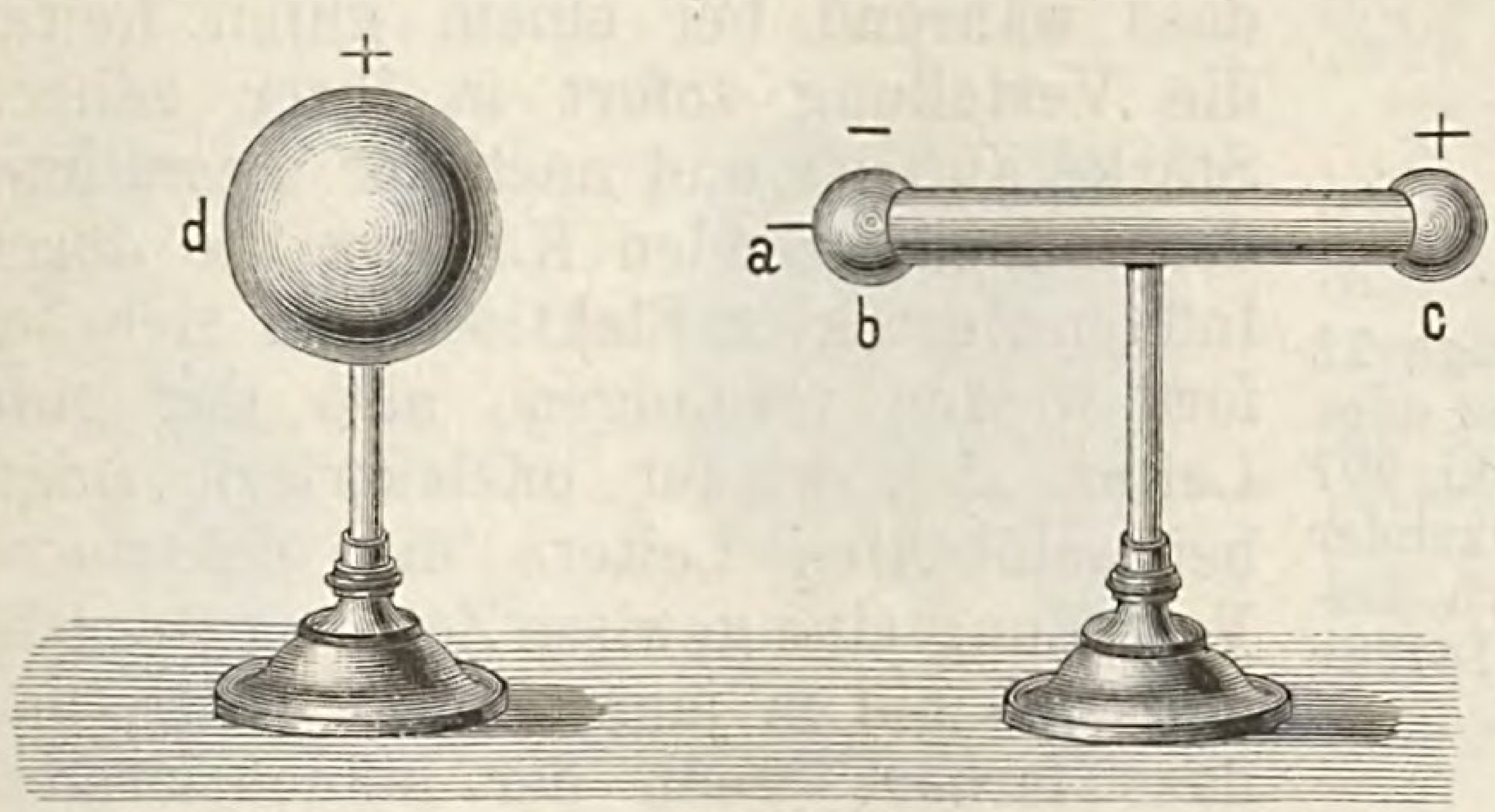
2). Hat man einen mit einer Spitze *a* versehenen isolierten Cylinder *bc*, siehe Figur 32, und setzt denselben der influenzierenden Wirkung einer elektrischen Kugel *d* aus und zwar so, dass sich diese Kugel in der Nähe des ohne Spitze versehenen Cylinderendes *c* befindet, so wird die Influenzelektricität der 2ten Art durch die Spitze *a* ausströmen und auf dem Cylinder nur die Influenzelektricität der 1ten Art zurückbleiben. Entfernt man die influenzierende Kugel *d*, so verteilt sich diese Influenzelektricität der 1ten Art über den ganzen Cylinder *bc* und wird, wenn die Spitze *a* nicht zu scharf ist, auf dem Cylinder zurückbleiben.

3). Setzt man, siehe Figur 33, den mit der Spitze *a* versehenen Cylinder *bc* der influenzierenden Wirkung der Kugel *d* aus und zwar so, dass sich diese Kugel in der Nähe des mit der Spitze versehenen Cylinderendes *b* befindet, so wird die erregte Influenzelektricität der 1ten Art durch die Spitze ausströmen und auf dem Cylinder nur die Influenzelektricität der 2ten Art zurückbleiben. Nach Entfernung der in-

Figur 32.



Figur 33.



Erkl. 216. Bei dem nebenstehend unter 3). angegebenen Experiment wird man die Wahrnehmung machen, dass die Elektricität auf der influenzierenden Kugel abgenommen hat und zwar um die Menge, welche sich auf dem Cylinder *bc* ansammelte.

Man pflegt deshalb zu sagen: die Spitze *a* hat von der Elektricität der Kugel *d* aufgesaugt. Man nennt dies die Saugwirkung der Spitze, ähnlich wie bei der Flamme (siehe Antwort der Fragen 59 und 62).

Erkl. 217. Versieht man einen isolierten Leiter mit einer Spitze und stellt denselben in die Nähe des Konduktors einer Elektrisiermaschine, so ladet sich der isolierte Leiter, wenn die Spitze dem Konduktor zugekehrt ist, mit solcher Elektricität, welche mit der des Konduktors gleichnamig ist; ist hingegen die Spitze von dem Konduktor abgewendet, so ladet sich der isolierte Leiter mit solcher Elektricität, welche mit der des Konduktors ungleichnamig ist.

Auf dieser Erscheinung beruht die Wirkung der bei der Elektrisiermaschine zur Verwendung kommenden Aufsaugspitzen.

fluenzierenden Kugel *d* bleibt auf dem Cylinder die Influenzelektricität der 2[ten] Art zurück.

e). Ueber die Elektrisierung von schlechten Leitern durch Influenz, sowie über die Wirkungssphäre durch Influenz elektrisierter Körper.

Frage 82. Macht sich die influenzierende Wirkung eines elektrischen Körpers auch auf solche Körper geltend, welche zu den schlechten Leitern der Elektricität gehören?

Antwort. Die influenzierende Wirkung eines elektrischen Körpers auf solche Körper, welche die Elektricität nicht oder nur sehr schlecht leiten, macht sich in analoger Weise geltend wie auf solche Körper, welche die Elektricität gut leiten, nur mit dem Unterschied, dass während bei einem guten Leiter die Verteilung sofort in ihrer ganzen Stärke auftritt und nach der Wegnahme des influenzierenden Körpers die durch Influenz erregten Elektricitäten sich sofort wieder vereinigen, also der gute Leiter sich wieder unelektrisch zeigt, bei schlechten Leitern die elektrische Verteilung eine gewisse Zeit beansprucht und sich nie in jener Stärke zeigt, und dass ferner, wenn der influenzierende Körper fortgenommen wird, der schlechte Leiter elektrisch bleibt, hierbei aber nur Influenzelektricität der 1[ten] Art zeigt, indem während der elektrischen Verteilung diese Influenzelektricität festgehalten, die Influenzelektricität der 2[ten] Art aber abgestossen und, da der influenzierte Körper ein schlechter Leiter ist, infolgedessen in der Luft verbreitet wird.

Erkl. 218. Das in Antwort der Frage 72 erwähnte Gesetz der elektrischen Influenz oder Verteilung, welches bereits in der Erkl. 207 erweitert wurde, kann man nach nebenstehender Antwort dahin noch erweitern, dass sich dasselbe auch auf schlechte oder Nichtleiter der Elektricität ausdehnen lässt.

Frage 83. Durch welche Experimente kann man darthun, dass sich das Gesetz der elektrischen Influenz auch auf schlechte oder Nichtleiter der Elektricität ausdehnen kann?

Antwort. Dass sich, wie in voriger Antwort erwähnt, das Gesetz der elektrischen Verteilung auch auf schlechte oder Nichtleiter der Elektricität ausdehnen lässt, kann man durch folgende Experimente darthun:

1). Reibt man das eine Ende einer sich im natürlichen oder neutralen Zustand befindlichen Glasröhre *A* mehr-

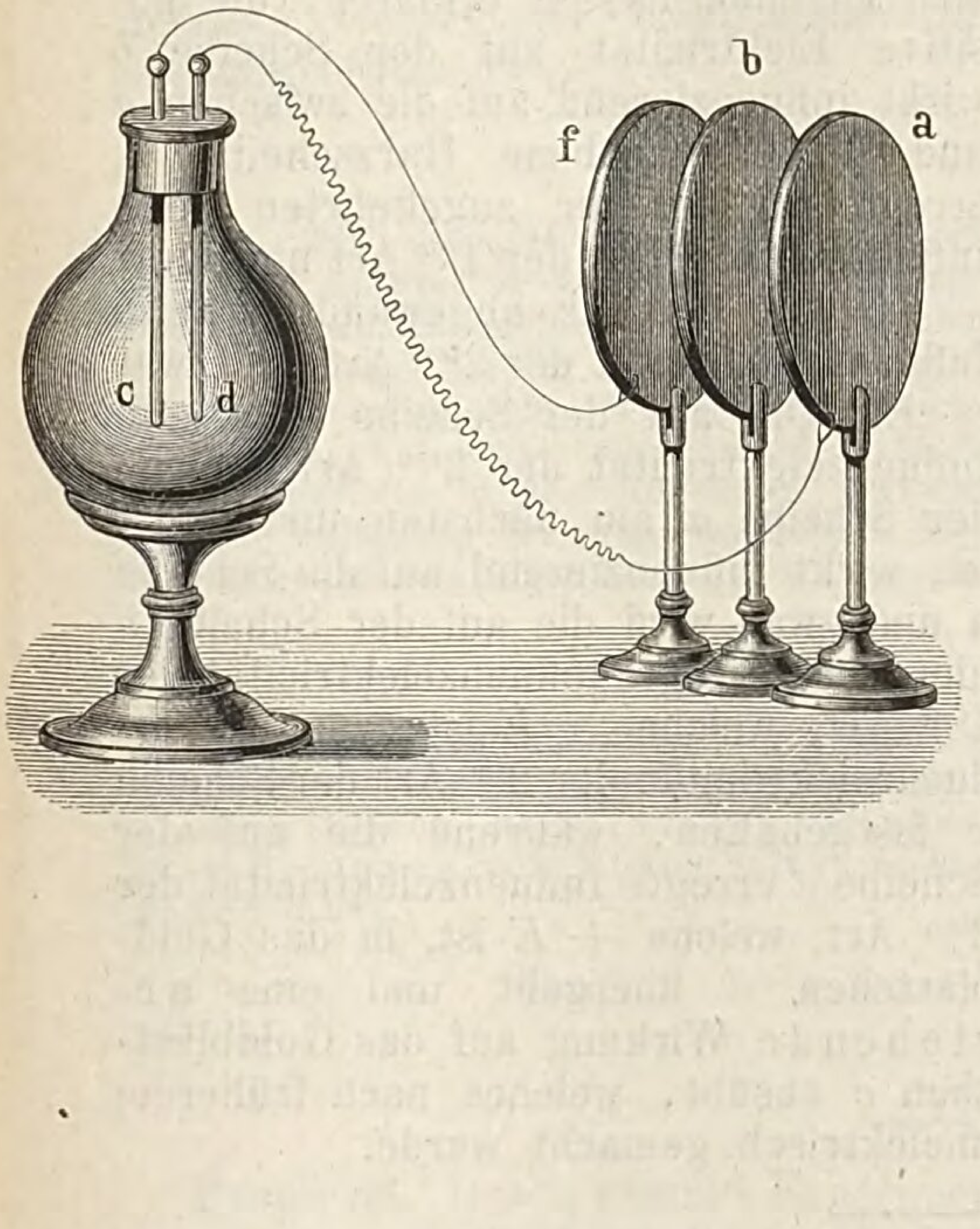
mals mit einer elektrisierten Glasröhre *B*, so wird man finden, dass die Röhre *A* auf der geriebenen Strecke durch Mitteilung elektrisch wurde, also gleichnamige Elektricität mit der Röhre *B* zeigt; man wird ferner noch finden, dass ein weiteres Stück der Röhre *A* solche Elektricität zeigt, die mit der der Röhre *A* mitgeteilten Elektricität, bezw. mit der Elektricität der Röhre *B* ungleichnamig ist, und dass eine weitere Strecke der Röhre *A* solche Elektricität zeigt, die mit der Elektricität der Röhre *B* wieder gleichnamig ist; die beiden zuletzt erwähnten Elektricitäten sind also nicht mehr durch Mitteilung erregt, sondern es sind die Influenzelektricitäten der 1ten und 2ten Art, erregt durch Influenz der Röhre *B* (siehe Erkl. 219).

2). Setzt man eine isolierte Harzstange (eine Schellackstange) eine Zeitlang der influenzierenden Wirkung eines genäherten elektrischen Körpers aus, so wird man die Beobachtung machen, dass sich die Harzstange an der dem elektrischen Körper zunächst liegenden Stelle elektrisch zeigt und dass sie an dieser Stelle Influenzelektricität der 1ten Art enthält.

3). Stellt man, siehe Figur 34, drei gut isolierte Messingscheiben *a*, *b* und *f* von circa 13 cm Durchmesser (siehe Erkl. 220) nebeneinander so, dass die Scheiben parallel sind und gleichen Abstand von einander haben, befestigt man an den beiden äusseren Scheiben *a* und *f* dünne Metalldrähte, welche, wie die Figur 34 zeigt, durch den Kork einer Flasche gesteckt sind und an ihrem freien Ende im Abstand von circa 2 cm die Goldblättchen *c* und *d* tragen, und macht die mittlere Scheibe *b* positiv elektrisch, so zeigen die Seiten der Scheiben *f* und *a*, welche der Scheibe *b* zugekehrt sind, Influenzelektricität der 1ten Art (und zwar negative Elektricität), die Goldblättchen *c* und *d* zeigen Influenzelektricität der 2ten Art (positive Elektricität) und stossen sich von einander ab. Leitet man diese Influenzelektricität der 2ten Art dadurch ab, dass man die Scheiben *a* und *f* berührt, d. h.

Erkl. 219. Das nebenstehend unter 1). erwähnte Experiment wurde schon von *Aepinus* angegeben.

Figur 34.



Erkl. 220. Das nebenstehend unter 3). erwähnte Experiment wurde von *Faraday* zur Untersuchung, dass sich auch die Nichtleiter durch Influenz elektrisieren lassen, angegeben.

in leitender Verbindung mit der Erde bringt, so wird die Divergenz der Goldblättchen *c* und *d* wieder aufgehoben, indem dieselben ihre vertikale Lage wieder annehmen und von der ganzen Influenzelektricität bleibt nur noch die auf den innern Flächen der Scheiben *a* und *f* durch die Elektricität der Scheibe *b* festgehaltene Elektricität zurück. Stellt man nun z. B. zwischen die Scheiben *a* und *b* eine Harzscheibe (z. B. von Schellack) von circa 2 cm Dicke, so wird auch auf dieser Harzscheibe Influenzelektricität erregt, welche wiederum influenzierend auf die Scheibe *a* wirkt, was man daran erkennt, dass sich die Goldblättchen *c* und *d* anziehen. Diese Anziehung der Goldblättchen *c* und *d* kann man sich folgendermassen erklären: die positive Elektricität auf der Scheibe *b* wirkt influenzierend auf die zwischen *a* und *b* eingeschobene Harzscheibe *x*, erregt auf der ihr zugekehrten Seite Influenzelektricität der 1^{ten} Art und zwar $-E$, auf der ihr abgewandten Seite Influenzelektricität der 2^{ten} Art und zwar $+E$. Die auf der Scheibe *x* erregte Influenzelektricität der 2^{ten} Art, welche der Scheibe *a* am nächsten und $+E$ ist, wirkt influenzierend auf die Scheibe *a* und zwar wird die auf der Scheibe *a* hierdurch erregte Influenzelektricität der 1^{ten} Art, welche $-E$ ist, von der Influenzelektricität der 2^{ten} Art der Scheibe *x* festgehalten, während die auf der Scheibe *a* erregte Influenzelektricität der 2^{ten} Art, welche $+E$ ist, in das Goldblättchen *d* übergeht und eine anziehende Wirkung auf das Goldblättchen *c* ausübt, welches nach früherem unelektrisch gemacht wurde.

Erkl. 221. Durch das nebenstehend unter 3). erwähnte und durch die Figur 34 dargestellte Experiment ist auch experimentell bewiesen, dass die in einem Körper durch Influenz erregte Elektricität wieder influenzierend auf einen andern Körper wirkt.

Frage 84. Was versteht man unter der Wirkungssphäre eines durch Influenz elektrisierten Körpers?

Antwort. Nähert man dem Ende eines durch Influenz elektrisierten Körpers *A*, welches dem influenzierenden Körper abgewendet ist, einen weiteren isolierten Körper (Leiter) *B* bis auf eine bestimmte Entfernung, so wirkt jener durch Influenz elektrisierte Körper *A* auch verteilend auf den Körper *B* u. s. f.

Die grösste Entfernung, bis zu welcher ein durch Influenz elektrisierter Körper noch seine elektrisch verteilende Wirkung geltend machen kann, nennt man die Wirkungssphäre jenes influenzierenden Körpers.

Erkl. 222. Dass ein durch Influenz elektrisierter Körper wieder influenzierend auf einen andern ihm genäherten Leiter wirkt, kann man auch durch das in Antwort der Frage 83 erwähnte, von *Faraday* angegebene Experiment nachweisen (siehe Erkl. 221).

f). Ueber das Gesetz der elektrischen Anziehung in bezug auf das Gesetz der elektrischen Influenz.

Frage 85. Auf welche Weise kann man sich nunmehr, unter Zugrundelegung des Gesetzes der elektrischen Influenz, das in Antwort der Frage 38 ausgesprochene und durch das in Antwort der Frage 5 angeführte Experiment bestätigte Gesetz der elektrischen Anziehung erklären?

Antwort. Unter Zugrundelegung des Gesetzes der elektrischen Influenz kann man das Gesetz der elektrischen Anziehung, welches durch das in Antwort der Frage 5 angeführte Experiment bestätigt wurde, wie folgt erklären:

Das Kügelchen p des elektrischen Pendels, siehe Figur 3, wird bei der Annäherung eines elektrischen Körpers A nach dem Gesetz der elektrischen Influenz auf der dem Körper A zugekehrten Seite mit dem Körper A ungleichnamig elektrisch, auf der entgegengesetzten Seite gleichnamig elektrisch. Da also der dem Körper A nähere Teil des Kügelchens mit demselben ungleichnamige Elektricität enthält, so wird die anziehende Wirkung der entgegengesetzten Elektricitäten grösser sein als die abstossende der gleichnamigen Elektricitäten, folglich muss hiernach die beobachtete Anziehung des Kügelchens stattfinden (siehe Erkl. 223).

Erkl. 223. Benutzt man bei dem in nebenstehender Antwort erwähnten Experiment statt des Pflanzenmarkkügelchens ein Harzkügelchen, so wird solches bei der Annäherung des elektrischen Körpers nicht oder nur sehr schwach angezogen, was man sich dadurch erklären kann, dass die in dem Kügelchen hervorzurufende Verteilung der entgegengesetzten Elektricität bei einem solchen Körper sehr schwer ist.

Erkl. 224. Aus nebenstehender Antwort ergibt sich wieder der allgemeine Satz, dass einer jeden elektrischen Wirkung eine Erregung von Elektricität vorangehen muss.

Frage 86. Durch welches Experiment kann man die Richtigkeit der in vorstehender Antwort gegebenen Erklärung noch nachweisen?

Antwort. Die Richtigkeit der in voriger Antwort gegebenen Erklärung kann man experimentell wie folgt nachweisen:

Da nämlich die anziehende Wirkung des elektrischen Körpers A bei der Annäherung an das Kügelchen p des elektrischen Pendels nach der gegebenen Erklärung eine Folge der Anziehung der ungleichnamigen Elektricitäten ist,

Erkl. 225. Die Kraft, mit welcher das elektrische Pendel ohne ableitende Berührung oder ohne ableitenden Aufhängefaden von dem elektrischen Körper A angezogen wird, ist gleich der Differenz der anziehenden und abstossenden Kraft, mit welcher die Elektricität des genäherten Körpers auf die ihr nähere ungleichnamige Elektricität (Influenzelektricität der 1ten

Art), bezw. auf die ihr entferntere gleichnamige Elektricität (Influenzelektricität der 2ten Art) wirkt; wird letztere infolge der die Influenzelektricität der 2ten Art ableitende Berührung oder ableitende Aufhängung abgeleitet, so erreicht jene Kraft ihr Maximum.

Erkl. 226. Dass die elektrische Anziehung eine einfache Folge der elektrischen Influenz ist, kann man auch aus folgenden Experimenten schliessen:

Legt man Strohhalme oder Papierschnitzel auf eine leitende Unterlage, so werden sie von einer geriebenen Glas- oder Harzstange viel leichter angezogen, als wenn man sie auf eine nicht leitende Unterlage legt; was man sich wiederum dadurch erklären kann, dass die auf den Strohhalmen und Papierschnitzeln hervorgerufene Influenzelektricität der 2ten Art durch die leitende Unterlage abgeleitet wird.

Erkl. 227. Dass das Gesetz der elektrischen Anziehung nicht in einer besonderen Eigenschaft der elektrischen Körper in bezug auf unelektrische (neutrale) Körper besteht, sondern eine Folge der in dem unelektrischen Körper hervorgerufenen Influenz ist, kann man nach *Aepinus* wie folgt darthun:

Reibt man zwei Glasscheiben kräftig aufeinander, so wird die eine geriebene Fläche positiv, die andre negativ elektrisch. Drückt man nun beide Flächen fest aufeinander, womit keineswegs der elektrische Zustand der beiden Flächen geändert wird, indem die Flächen nichtleitende Glasflächen sind und sich ausserdem nicht vollständig berühren, und hängt in der Nähe beider Flächen ein elektrisches Pendel so auf, dass der Mittelpunkt des Kügelchens des Pendels in dieselbe Ebene mit den zusammenliegenden Flächen zu liegen kommt, so wird man die Beobachtung machen, dass das Kügelchen nicht angezogen wird; nimmt man aber jetzt eine der Scheiben weg, so wird das Kügelchen angezogen. Dies erklärt sich dadurch, dass so lange die Scheiben aufeinanderlagen, die Lage und Entfernung der Scheiben gegen das Kügelchen eine gleichmässige war, dass somit beide geriebene Glasflächen das Kügelchen entgegengesetzt influenzierten, infolgedessen sich keine Influenzelektricität zeigen und das Kügelchen nicht angezogen werden konnte, dass wenn aber eine der Scheiben weggenommen wird, das Kügelchen nur in einerlei Weise influenziert wird, was die beobachtete Anziehung zur Folge hatte.

welche der Körper A und der Teil des Kügelchens enthält, welches dem Körper A zugekehrt ist, diese Anziehung aber unbedingt geschwächt werden muss durch die Abstossung der gleichnamigen Elektricitäten, welche der Körper A und der Teil des Kügelchens enthält, welcher dem Körper abgewendet ist, so muss jener Erklärung zufolge die Anziehung stärker werden, wenn die abstossende Wirkung der gleichnamigen Elektricitäten aufgehoben wird, was man dadurch erreicht, wenn die freie Elektricität, bezw. die Influenzelektricität der 2ten Art, welche sich auf der Seite des Kügelchens befindet, die dem Körper A abgewendet ist (siehe Antwort der Frage 81), abgeleitet wird.

Berührt man also das Kügelchen mit dem Finger, so wird die freie, bezw. die Influenzelektricität der 2ten Art abgeleitet und die Anziehung erfolgt viel kräftiger als vorher, was man auch daran erkennt, dass die Anziehung in einer grösseren Entfernung als vorher erfolgt. Dieselbe Erscheinung wird man wahrnehmen, wenn man das Kügelchen statt an einem isolierenden Seidefaden an einem leitenden leinenen Faden oder feinen metallenen Draht aufhängt, durch welchen die freie, bezw. die Influenzelektricität der 2ten Art in den Erdboden abgeleitet wird (siehe Erkl. 225—227).

g). Ueber die Elektrisierung durch Mitteilung in bezug auf das Gesetz der elektrischen Influenz.

Frage 87. Auf welche Weise kann man sich nunmehr die Elektrisierung unelektrischer Körper durch Mitteilung erklären?

Antwort. Die Elektrisierung unelektrischer Körper durch Mitteilung,

Erkl. 228. Nach nebenstehender Antwort besteht das Elektrisieren eines Körpers durch Mitteilung nicht in einem Ueberfliessen der Elektricität von dem elektrisierenden Körper auf den elektrisierten, sondern in der Aufhebung der in dem elektrisierten Körper hervorgerufenen Influenzelektricität der 1ten Art durch eine gleichgrosse Menge der mit jener ungleichnamigen Elektricität des elektrisierenden Körpers.

Erkl. 229. Der augenscheinliche Unterschied zwischen dem Elektrisieren durch Mitteilung und dem Elektrisieren durch Influenz ist folgender:

1). Bei der Erregung der Elektricität durch Mitteilung verliert der mitteilende (elektrisierende) Körper, bei der Elektrisierung durch Influenz bleibt der influenzierende (elektrisierende) Körper unverändert.

2). Die durch Mitteilung erregte Elektricität ist mit der mitteilenden (elektrisierenden) gleichnamig, die durch Influenz erregte Elektricität ist mit der influenzierenden (elektrisierenden) ungleichnamig (vorausgesetzt, dass die Elektricität der 2ten Art abgeleitet ist, also die erregte Elektricität sich als freie Elektricität offenbart).

3). Der durch Mitteilung zu elektrisierende Körper muss isoliert sein, der durch Influenz zu elektrisierende Körper muss im Augenblick des Elektrisierens mit der Erde leitend verbunden sein.

bezw. durch Berührung mit einem elektrischen Körper ist nichts andres als Erregung von Elektricität durch Influenz, was man sich wie folgt erklären kann:

Nähert man einem unelektrischen Leiter A einen elektrisierten Körper B, so wird in ersterem bei der Annäherung Influenzelektricität hervorgerufen; bringt man den Leiter A mit dem elektrischen Körper B in direkte Berührung, so vereinigt sich die dem Körper B zunächst befindliche Influenzelektricität der 1ten Art (das ist solche Elektricität, welche mit der des elektrischen Körpers B ungleichnamig ist) mit einer ebenso grossen Menge der dieser entgegengesetzten Elektricität des Körpers B und es bleibt somit auf dem vorher durch Mitteilung elektrisch gemachten Körper nur die Influenzelektricität der 2ten Art (das ist solche Elektricität, welche mit der des elektrisierenden Körpers gleichnamig ist) zurück, letzterer zeigt sich also nach der Berührung mit dem Körper A gleichnamig elektrisch, wie sich bei der Elektrisierung durch Mitteilung ergab (siehe auch Antwort der Frage 85).

Frage 88. Was kann man in bezug auf die influenzierende Wirkung eines elektrischen Körpers auf einen andern, jenen berührenden elektrischen Körper aussagen?

Antwort. In bezug auf die influenzierende Wirkung eines elektrischen Körpers auf einen andern elektrischen Körper, mit welchem jener in Berührung gebracht wird, kann man folgendes aussagen:

Nähert man einem elektrischen Körper (Leiter) einen andern elektrischen Körper (Leiter), so ist die influenzierende Wirkung eine gegenseitige; war nun die elektrische Spannung, bezw. die Dichtigkeit der Elektricitäten auf beiden Körpern dieselbe, so werden sich bei einer Berührung beider Körper die an den berührten Stellen durch Annäherung hervorgerufenen gleichen entgegengesetzten Influenzelektricitäten der 1ten Art vereinigen und infolgedessen wird sich

der Körper an der Berührungsstelle unelektrisch zeigen. War hingegen die elektrische Spannung des einen elektrischen Körpers grösser als die des andern, so wird bei der Annäherung auf dem schwächer elektrischen Körper eine grössere Influenzelektricität hervorgerufen, infolgedessen wird bei der Berührung beider Körper dem einen Körper Elektricität mitgeteilt und zwar so, dass sich die Spannung der beiden verschieden stark elektrischen Körper ausgleicht, vorausgesetzt, dass die Oberflächen beider Körper gleich sind.

h). Ueber das Einsaugen der Elektricität durch Spitzen und Flammen, sowie über den elektrischen Funken in bezug auf das Gesetz der elektrischen Influenz.

Ueber den Unterschied zwischen Elektricität und Magnetismus.

Frage 89. In welcher Weise kann man sich das sogenannte Einsaugen der Elektricität durch Spitzen und Flammen erklären?

Antwort. Das in den Antworten der Fragen 59 und 62 erwähnte Einsaugen der Elektricität durch Spitzen und Flammen kann man sich folgendermassen erklären:

Die einem elektrisierten Leiter genäherte und mit dem Erdboden leitend verbundene Spitze wird infolge der Influenz so stark elektrisch, dass die daselbst angehäufte Elektricität den Leitungswiderstand der Luft überwindet und ausströmt. Durch die in der Spitze sich ansammelnde Elektricität wird aber auch umgekehrt auf dem isolierten und die Spitze influenzierenden Körper Elektricität durch Influenz hervorgerufen und es wird auch aus diesem Körper Elektricität ausströmen. Ferner wird der in der Antwort der Frage 60 erwähnte elektrische Wind von der Spitze auf den Körper gehen und dadurch einen Teil der Elektricität auf dem Körper neutralisieren.

Erkl. 230. Aus nebenstehender Antwort ergibt sich, dass die sogen. Saugwirkung einer Spitze nur so lange dauert, als die Elektricität auf dem isolierten und influenzierenden Körper noch Dichtigkeit genug hat, um die Spitze zum Ausströmen zu bringen.

Frage 90. Auf welche Weise kann man sich den Entladungsschlag, bezw. den elektrischen Funken erklären, welchen man erhält, wenn man einem isolierten elektrischen Körper einen andern isolierten aber unelektrischen Körper oder einen mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehenden Körper, z. B. den Finger an der Hand, nähert?

Antwort. Den elektrischen Funken, welchen man erhält, wenn man einem isolierten elektrischen Körper *A* einen andern isolierten aber unelektrischen Körper *B* nähert, kann man sich folgendermassen erklärt denken:

Der elektrische Körper *A* wirkt zunächst nach dem Gesetz der elektrischen Influenz verteilend auf den unelektrischen Körper *B*, so dass sich in dem Teil des Körpers *B*, welcher dem Körper *A* zugewendet ist, solche gebundene Elektricität oder solche Influenzelektricität der 1ten Art ansammelt, welche der des Körpers *A* ungleichnamig (entgegengesetzt) ist. Wird die elektrische Spannung dieser gegenüberstehenden entgegengesetzten Elektricitäten durch entsprechende Annäherung gross genug, so wird auch hier die gewaltsame Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten, das ist der Entladungsschlag erfolgen. Wird der soeben erwähnte, der elektrischen Verteilung ausgesetzte Körper *B* mit dem Erdboden in leitende Verbindung gebracht, was man dadurch erreicht, dass man ihn mit dem Finger oder mit einem andern mit der Erde in Verbindung stehenden Leiter berührt oder, was dasselbe ist, ihn überhaupt nicht isoliert, damit die freie Elektricität (das ist die Influenzelektricität der 2ten Art) abgeleitet wird, so erfolgt der Entladungsschlag entsprechend leichter und erscheint der erhaltene elektrische Funken stärker.

In analoger Weise kann man sich erklären, warum man einen Entladungsschlag erhält, wenn man den Finger einem isolierten elektrischen Körper nähert, indem sich infolge der influenzierenden Wirkung des elektrischen Körpers an der Stelle des Fingers, welche jenem Körper am nächsten ist, solche Elektricität ansammelt, welche mit der jenes Körpers ungleichnamig ist, wo-

Erkl. 231. Den Entladungsschlag, welchen man durch Annäherung eines Fingers (besser des Knöchels eines Fingers) von einem isolierten elektrischen Körper erhält, empfindet man als einen Stich oder Stoss, dessen Wirkung sich nach der Grösse der elektrischen Ladung jenes Körpers richtet und die so gewaltig sein kann, dass der Tod eintritt.

bei die durch Influenz hervorgerufene Elektricität, welche mit der jenes Körpers gleichnamig ist, auf die Erde abgeleitet wird (siehe Erkl. 210).

Frage 91. Welcher Unterschied besteht nach vorausgegangenem zwischen der Elektricität und dem Magnetismus?

Antwort. Nach dem Vorausgegangenen bestehen zwischen der Elektricität und dem Magnetismus im allgemeinen folgende Unterschiede:

1). Auf jedem Körper kann man sowohl positive Elektricität für sich als auch negative Elektricität und auch beide Elektricitäten zugleich ansammeln; Magnetismus kann man nicht in jedem Körper erregen, ausserdem kann man weder Nord- noch Südmagnetismus je für sich, sondern nur beide Magnetismen zugleich erregen.

2). Die elektrische Kraft geht auf den ihrem Einfluss ausgesetzten Körper über und verteilt sich; die magnetische Kraft geht nicht auf den von ihr beeinflussten Körper über, sondern wirkt unverändert auf demselben fort.

3). Die Elektricität kann man fortleiten, den Magnetismus nicht.

4). Elektrische Influenz kann nicht stattfinden, wenn zwischen beiden Körpern ein mit der Erde in leitender Verbindung stehender Körper sich befindet; magnetische Influenz kann auch dann stattfinden, wenn zwischen beiden Körpern sich ein andrer Körper befindet.

14). Ueber die Apparate zur Erregung von Elektricität durch Reibung und Influenz.

(Elektrophor und Elektrisiermaschinen.)

Frage 92. Welcher Apparate bedient man sich zur Erregung von Elektricität durch Reibung?

Antwort. Da durch die in Antwort der Frage 2 erwähnte Reibung einer Glas- oder Harzstange nur geringe Mengen von Elektricität erregt werden, welche zu den meisten elektrischen Versuchen nicht ausreichen, da ferner diese Art

der Elektricitätserregung eine ziemlich mühevolle ist und beim Experimentieren die Benutzung jener Elektricität auf Schwierigkeiten stösst, und da ausserdem die auf jene Weise erregte Elektricität sich sehr rasch wieder in der umgebenden Luft zerstreut, so entstanden mit der Zeit mehrere Apparate, welche man zur Elektricitätserregung durch Reibung benutzt und welche bei dem Experimentieren mittels Reibungselektricität als Elektricitätsquellen dienen; es sind dies:

a). der Elektrophor,
b). die Elektrisiermaschinen (Dampfelektrisiermaschine) und
c). die Influenz- oder Elektrophormaschinen.

Frage 93. Worauf beruht im allgemeinen die Einrichtung und der Gebrauch der in voriger Antwort erwähnten Apparate zur Erregung von Elektricität?

Antwort. Die Einrichtung und der Gebrauch der in voriger Antwort erwähnten Apparate zur Erregung von Elektricität beruht im allgemeinen auf dem Gesetz der elektrischen Influenz und der hierbei stattfindenden Bindung von Elektricität, durch welche es möglich wird, in einem leitenden isolierten Körper Elektricität anzuhäufen (siehe Erkl. 232).

Erkl. 232. Da, wie später gezeigt wird, die in vorstehender Antwort erwähnten Apparate besonders auch dazu dienen, Elektricität längere Zeit zum Experimentieren vorrätig zu erhalten, so gehören diese Apparate auch zu den in einem späteren Abschnitt vorgeführten Ansammlungsapparaten.

a). Der Elektrophor.

Frage 94. Worin besteht die Einrichtung eines Elektrophors?

Antwort. Der Elektrophor besteht im allgemeinen aus drei Teilen, nämlich aus zwei Metallplatten, von welchen die eine mit einem isolierenden Handgriff versehen ist und aus einer Harzscheibe, welche beim Gebrauch zwischen jene Platten zu liegen kommt (siehe die Erkl. 233—235).

Die spezielle Einrichtung eines Elektrophors lässt sich aus nachstehender Beschreibung einiger Elektrophore erkennen:

1). Die Einrichtung des ältesten Elektrophors ist die durch die Figur 35 im

Erkl. 233. Die in einem Elektrophor erregte Elektricität, siehe Antw. der Frage 100, erhält sich mehrere Monate, daher rührt die Bezeichnung Elektrophor, d. h. Elektricitätsträger oder Elektricitätsbewahrer.

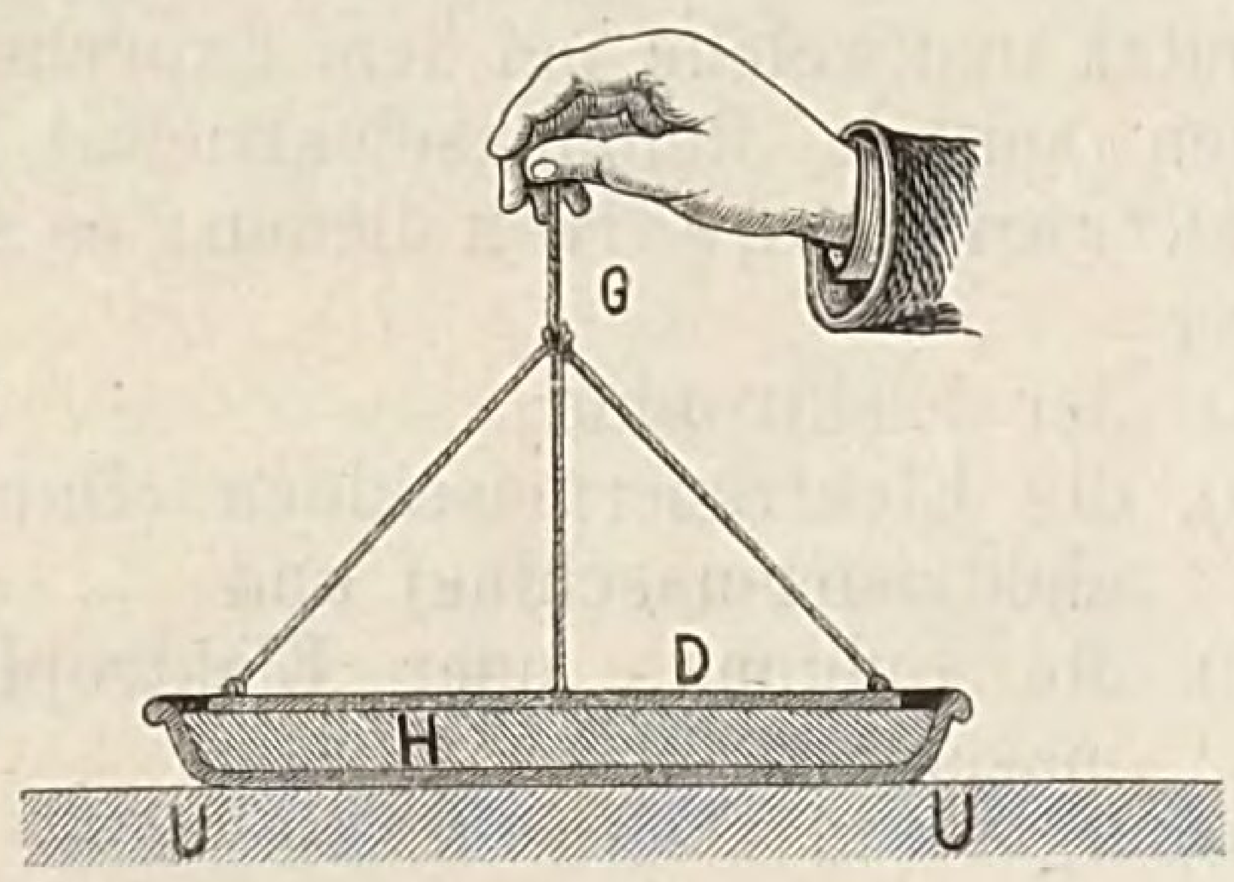
Erkl. 234. Wie in Erkl. 232 erwähnt, gehört der Elektrophor auch zu den sogenannten elektrischen Ansammlungsapparaten. In diesem Sinn ist die untere Metallplatte der Kollektor, die obere mit dem isolierenden Handgriff versehene Metallplatte ist der Kondensator und die Harzplatte das sogen. Dielektrikum.

Ueber die besondere Bedeutung dieser Bezeichnung findet man ausführliches in dem Ab-

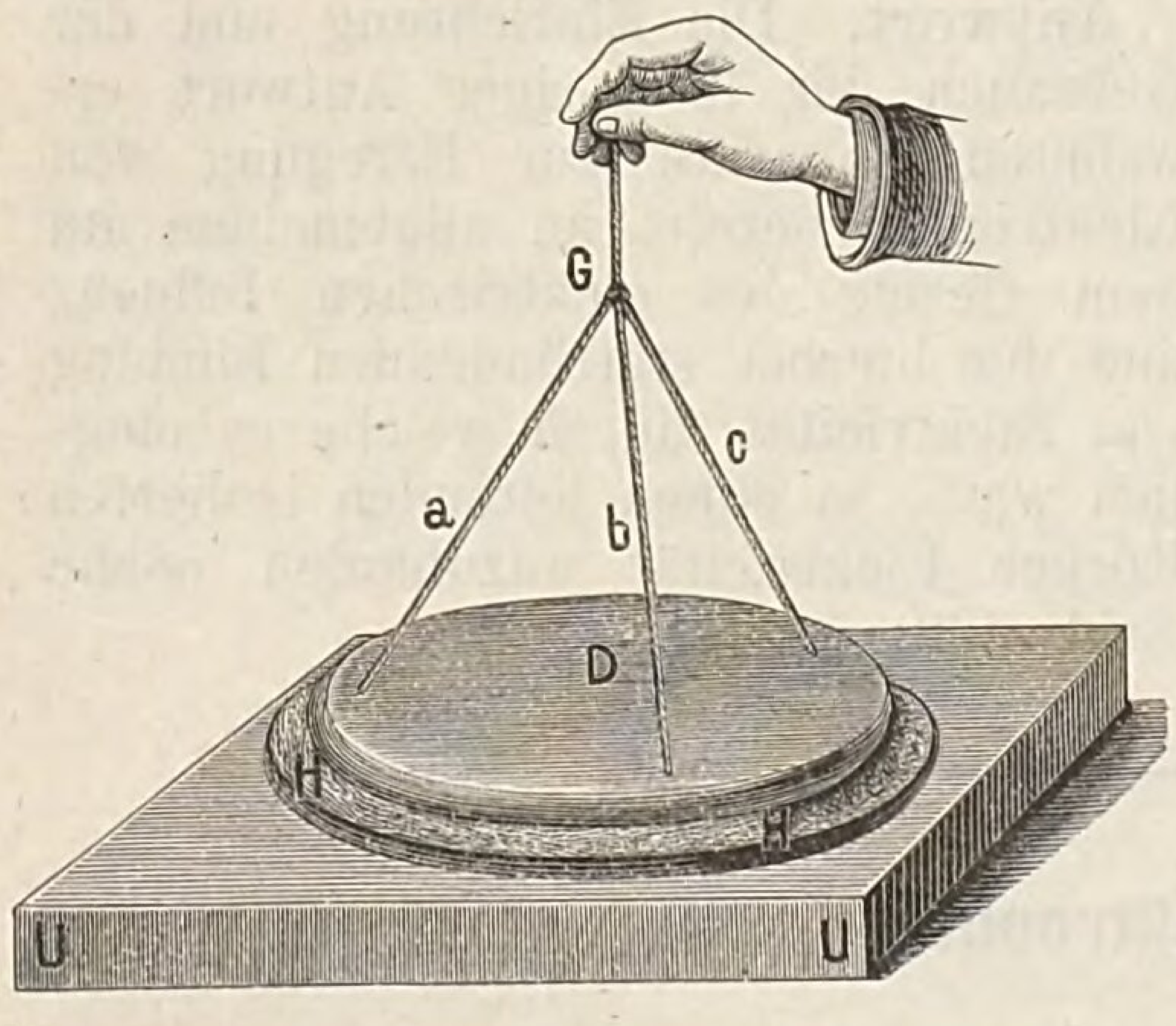
schnitt: Ueber die elektrischen Ansammlungsapparate und Kondensatoren.

Erkl. 235. Der Elektrophor ist der älteste Apparat, welcher zur Erregung und Ansammlung von Elektricität dient; er wurde von *Wilcke* im Jahr 1762 erfunden, aber zuerst von *Volta* im Jahr 1775 konstruiert.

Figur 35.



Figur 36.



Erkl. 236. Zur Herstellung des Harzkuchens eines Elektrophors benutzt man gewöhnlich Schellack; um jedoch die grosse Sprödigkeit, welche die aus reinem Schellack hergestellten Harzkuchen zeigen, zu vermindern, stellt man den Harzkuchen aus einer Mischung her. Die üblichsten Mischungen sind:

a). 5 Gewichtsteile Schellack und 1 Gewichtsteil Wachs oder Terpentin;

b). 1 Gewichtsteil Schellack, 1 Gewichtsteil Terpentin und 8 Gewichtsteile Kolophonium;

c). 5 Gewichtsteile Schellack, 3 Gewichtsteile Mastix, 2 Gewichtsteile venetianischen Terpentin und 3 Gewichtsteile sogenannten Marineleim (siehe Erkl. 237); diese Harzmischung rührt von *Böttger* her;

Durchschnitt dargestellte. Dieser Elektrophor besteht aus einem Metallteller *UU*, auch Form oder Schüssel genannt, welcher 30—50 cm Durchmesser und einen 1—3 cm aufrecht stehenden Rand hat. Diese Form ist mit Harz ausgegossen und zwar so, dass der sich beim Erkalten des Harzes bildende Harzkuchen *H* an seiner Oberfläche keine Blasen und Risse zeigt und vollständig eben und glatt ist (siehe Erkl. 236 u. 238). Auf dem Harzkuchen *H* liegt eine etwas kleinere, gut abgerundete Metallscheibe *D*, Elektrophordeckel oder Schild genannt, an welcher drei in *G* zusammenlaufende isolierende (seidene) Schnüre befestigt sind, die zum Aufheben des Deckels *D* dienen.

2). Die Einrichtung des später zur Benutzung gekommenen Elektrophors ist die durch die Figur 36 in parallelperspektivischer Ansicht dargestellte. Dieser Elektrophor besteht aus einer gut leitenden metallischen Unterlage *UU*, einem auf dieser metallischen Unterlage liegenden Harzkuchen *H*, oder einer Scheibe von gehärtetem Kautschuk, Hartgummi, Ebonit oder Kammmasse, und einer auf diesem Harzkuchen *H* liegenden, etwas kleineren und hohlen Metallscheibe *D*, Deckel oder Schild genannt, an welcher die drei seidenen, in *G* zusammenlaufenden Schnüre *a*, *b* und *c* befestigt sind, die zum isolierenden Aufheben des Deckels *D* dienen.

3). Die Einrichtung eines in bezug auf den praktischen Gebrauch noch etwas verbesserten Elektrophors ist die durch die Figur 37 im Durchschnitt dargestellte. Dieser Elektrophor ist genau derselbe wie der durch die Figur 36 dargestellte, nur ist durch die Mitte des Harzkuchens ein Metallstift *M* durchgesteckt, welcher beiderseits bis an die Oberfläche des Harzkuchens reicht. Der Zweck dieses Metallstifts ergibt sich aus Antwort der Frage 96.

4). Die Einrichtung eines der neuesten Elektrophore ist die durch die Figur 38 dargestellte. Dieser Elektrophor besteht aus einer Ebonitplatte *H*, welche auf der unteren Seite mit Zinnfolie belegt

d). 3 Gewichtsteile Terpentin, 2 Gewichtsteile Kolophonium und 1 Gewichtsteil Wachs; diese Mischung benutzte *Volta*;

e). 10 Gewichtsteile Schellack, 2 Gewichtsteile Terpentin, 3 Gewichtsteile Kolophonium, 2 Gewichtsteile Wachs und $^1/_2$ Gewichtsteil Pech; diese Mischung rührt von *Berzelius* her.

Für gewöhnliche Zwecke genügt eine Mischung von Pech und Kolophonium zu gleichen Teilen.

Erkl. 237. Unter Marineleim (engl. Marine glue) versteht man eine Masse, eine Leimart, welche aus Kautschuk, Schellack und Steinkohlentheer oder gepulverten Austernschalen, Wasser und einigen andern Zusätzen hergestellt wird und sehr fest bindet, dabei im Wasser ganz unveränderlich ist.

Erkl. 238. Zur Herstellung des durch die Figur 35 dargestellten Elektrophors muss die flüssige Harzmasse in den Metallteller *UU* eingegossen werden. Da sich nun infolge der hierdurch hervorgerufenen Erwärmung des Metalls der Metallteller ausdehnt und bei dem Erkalten, bezw. bei dem Erstarren des Harzes wieder zusammenzieht, die Ausdehnung und Zusammenziehung von Metallen bei Temperaturveränderungen viel stärker sind als die von Harzen, so wird der Harzkuchen in den meisten Fällen Risse und Sprünge bekommen und somit nicht genügend den Zwecken dienen, für welche er vorgesehen ist, siehe Antwort der Frage 92.

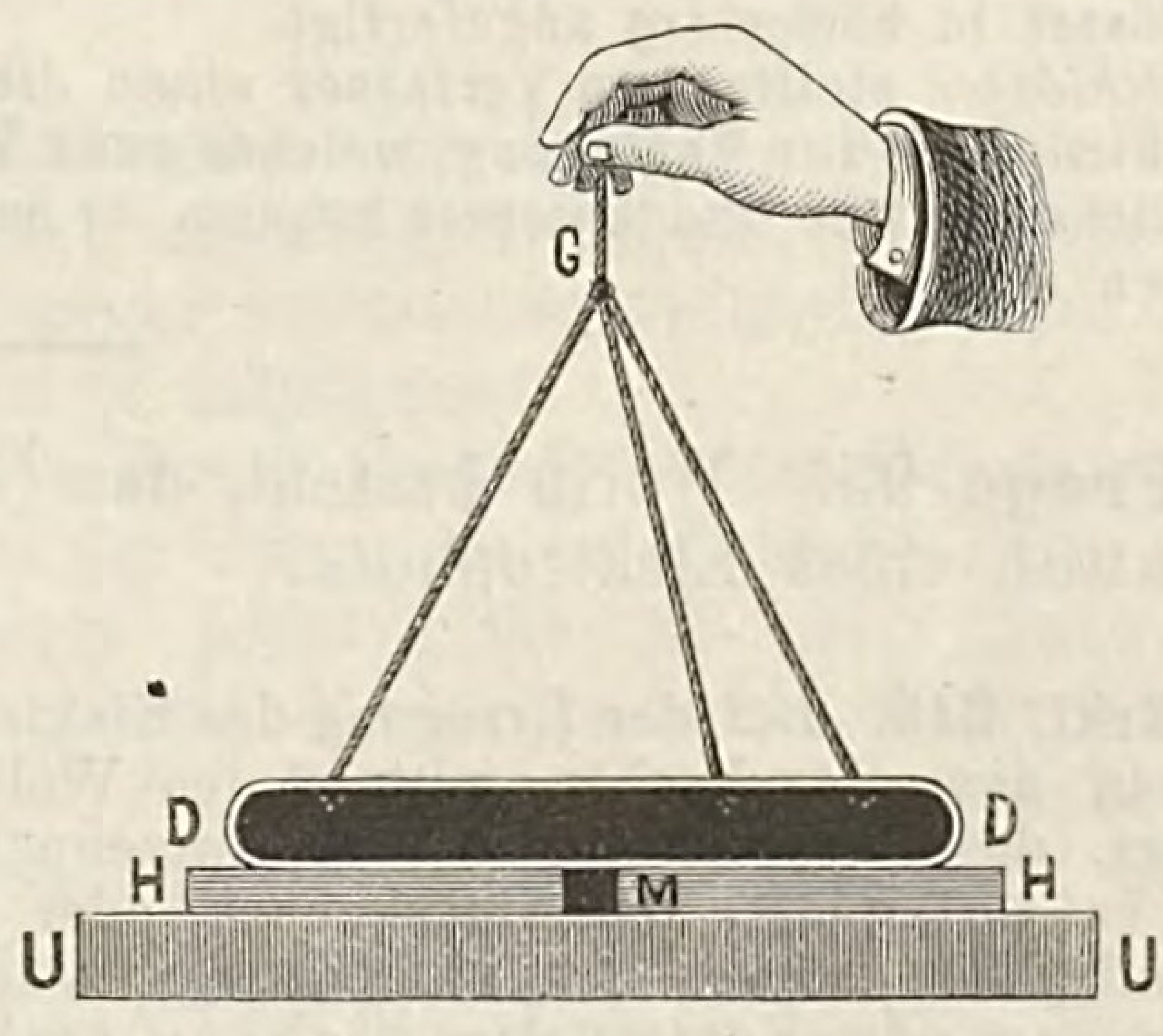
Dies ist ein Hauptgrund, warum die durch die Figuren 36—38 dargestellten Formen des Elektrophors vorzuziehen sind, indem bei diesen Formen des Elektrophors der Harzkuchen frei auf einer ebenen Unterlage liegt und bei etwaigen Temperaturveränderungen (bei erhöhter Temperatur wird der Harzkuchen wie jedes andre Harz weich) den hierdurch hervorgerufenen Ausdehnungen und Zusammenziehungen leicht folgen kann, ohne dass er sich krümmt, wirft und Risse etc. bekommt.

Man versuchte auch statt der Harzkuchen und Ebonitplatten Guttaperchaplatten anzuwenden, dieselben haben sich jedoch nicht bewährt.

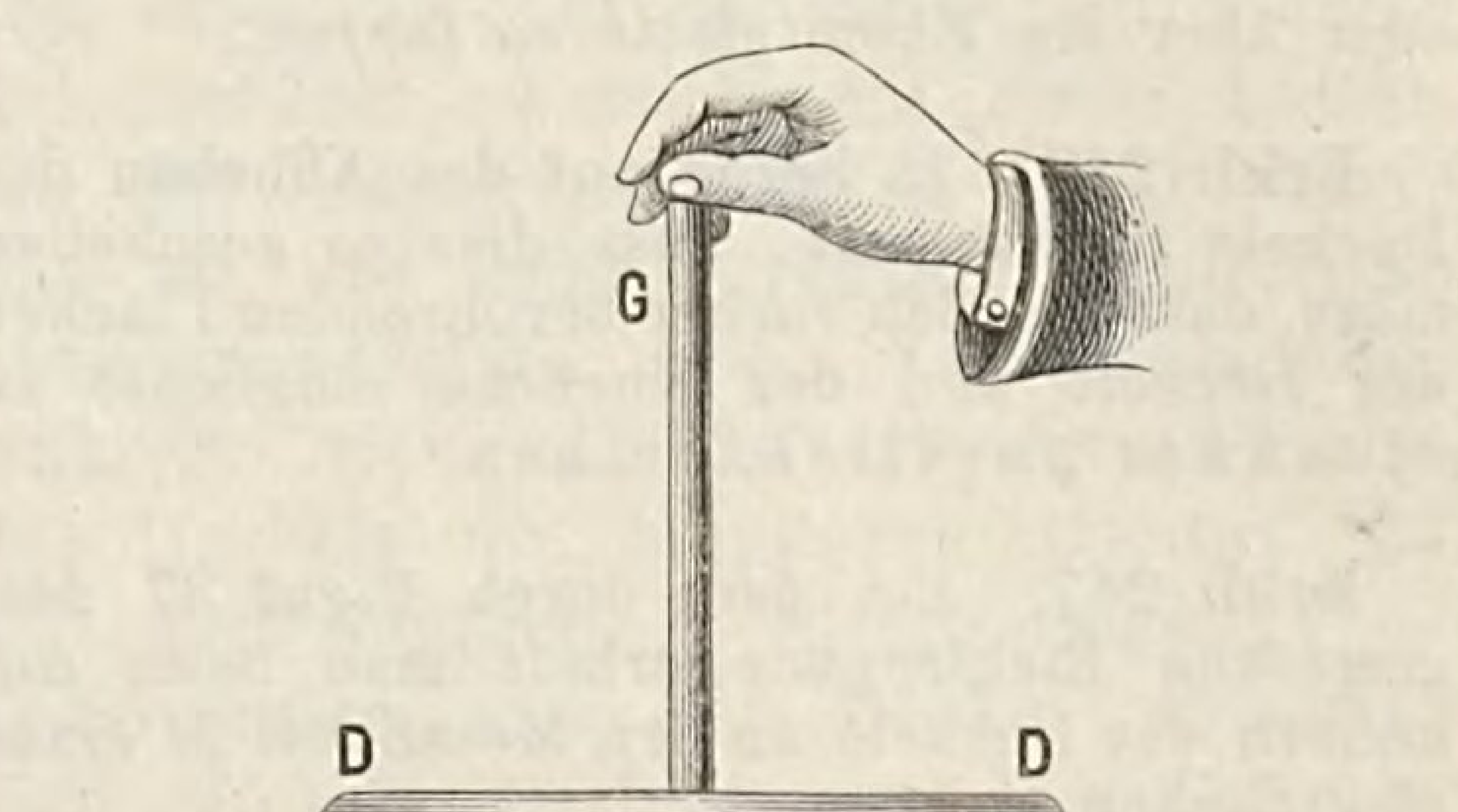
Erkl. 239. Statt der in den Figuren 35—38 dargestellten leitenden metallischen Unterlage *UU* und der metallischen Elektrophordeckel *D* kann man auch mit Staniol überzogenes Holz, oder mit Staniol überzogenes Glas, oder mit Staniol überzogenen Pappdeckel nehmen, nur muss man bei Herstellung dieser Staniolbelegungen beobachten, dass die aufeinanderliegenden Flächen möglichst eben und glatt seien.

Erkl. 240. Die metallische Unterlage *UU*, siehe die Figuren 35—38, ist bei einem Elektrophor durchaus nicht nötig, wie sich aus den späteren Antworten ergibt; wohl aber ist sie sehr zweckdienlich (siehe Antw. der Frage 99) ist und welche die metallische Unterlage *UU* der vorhin erwähnten Elektrophore ersetzt (siehe Erkl. 239). Diese Zinnfolie hat, wie die Figur 39 zeigt, nach der oberen Seite eine zungenförmige Fortsetzung *M*, durch welche der Metallstift *M* des durch die Figur 37 dargestellten Elektrophors ersetzt wird. Auf der Mitte des Deckels ist ein circa 13 cm langer isolierender Handgriff von Ebonit eingeschraubt, an dessen oberem Ende noch ein Streifen Staniol oder ein mit Staniol überzogenes Holzstück zum Zweck des Anfassens angebracht werden kann. Der Deckel ist hohl, wie in der Figur 37 dargestellt ist, und ausserdem vernickelt, wodurch der Elektrophor nicht allein ein hübsches Aussehen erhält, sondern auch vor Oxydation etc. geschützt bleibt (siehe Erkl. 244).

Figur 37.



Figur 38.



und bildet deswegen einen wesentlichen Bestandteil eines guten Elektrophors.

Erkl. 241. Der in den Figuren 36—38 dargestellte Elektrophordeckel *D* ist innen hohl, wie die Figur 37 im Durchschnitt zeigt, circa 2—5 cm dick und wird gewöhnlich von Zink- oder Messingblech angefertigt.

Erkl. 242. Bei dem durch die Figuren 35 u. 36 dargestellten Elektrophor werden die den isolierenden Handgriff *G* bildenden seidenen Schnüre im Innern des Deckels *D* angebracht, wie die Figur 37 im Durchschnitt zeigt.

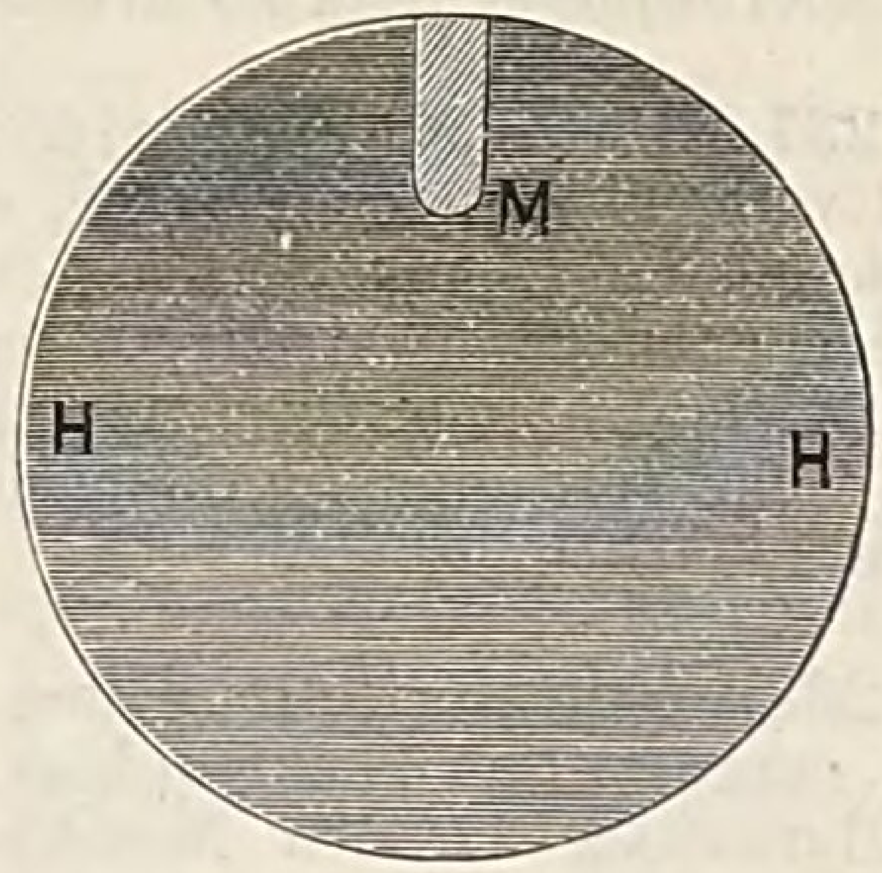
Die hohlen Elektrophordeckel bestehen aus zwei tellerförmig zusammengedrückten, mit ihren Rändern zusammengelöteten Metallscheiben (gewöhnlich Zink- oder Messingscheiben), an der einen dieser Metallscheiben müssen vor dem Zusammenlöten die isolierenden seidenen Schnüre befestigt werden.

Erkl. 243. Die Einrichtung des Elektrophors, wie sie durch die Figur 37 dargestellt ist, wurde von Professor *Phillips* angegeben.

Erkl. 244. Der nebenstehend unter 4). beschriebene und durch die Figur 39 dargestellte Elektrophor wird von dem Mechanikus J. G. Schlösser in Königsberg angefertigt.

Schlösser stellte dem Verfasser einen dieser Elektrophore zur Verfügung, welcher ganz Vorzügliches leistet und äusserst bequem zu handhaben ist.

Figur 39.



Frage 95. Worin besteht der Gebrauch eines Elektrophors?

Erkl. 245. Bei der Erregung der Elektricität in dem Harzkuchen mittels des Wollenzeugs, des Fuchsschwanzes oder Katzenpelzes ist es vorteilhaft, den Harzkuchen oder die Ebonitplatte mittels des Wollenzeugs, Fuchsschwanzes oder Katzenpelzes nicht zu reiben oder von oben nach unten zu schlagen, sondern in seitlicher (horizontaler) Richtung streichend über den Harzkuchen oder über die Ebonitplatte zu fahren.

Erkl. 246. In bezug auf das Abheben des Deckels sei bemerkt, dass dies so geschehen muss, dass die sich vorher berührenden Flächen des Deckels und des Kuchens möglichst zu einander parallel bleiben.

Erkl. 247. Bei dem durch Figur 37 dargestellten Elektrophor erhält man beim Annähern des Deckels an den Metallstift *M* einen elektrischen Funken.

Erkl. 248. Hebt man bei dem durch die Figur 37 dargestellten und in Thätigkeit versetzten Elektrophor den Deckel *D* auf, so er-

Antwort. Der Gebrauch eines Elektrophors besteht in folgendem:

Der Harzkuchen oder die den Harzkuchen ersetzende Ebonitplatte *H*, siehe die Figuren 35—38, wird zunächst durch Erwärmen gut getrocknet, dann auf die Unterlage *U* gelegt und durch Reiben oder Peitschen (siehe Erkl. 245) mittels eines Fuchsschwanzes, Katzenpelzes oder sauberen Wolltuchs elektrisch gemacht; dann wird der Deckel *D* an dem ebenfalls gut getrockneten Handgriff *G* auf den Harzkuchen, bezw. auf die Ebonitplatte *H* gesetzt.

Bringt man in die Nähe des Deckels *D* der durch die Figuren 35 und 36 dargestellten Elektrophore alsdann einen guten Leiter, z. B. den Finger, so erhält man einen elektrischen Funken (siehe Erkl. 246); hebt man dann den Deckel mittels des isolierenden Handgriffs auf und nähert dann wieder den Finger dem

hält man in allen Fällen bei Annäherung des Fingers oder irgend eines andern guten Leiters einen Funken.

Erkl. 249. Was in den Erkl. 247 und 248 über den durch die Figur 37 dargestellten Elektrophor gesagt ist, gilt auch für den durch die Figur 38 dargestellten Ebonitelektrophor von *J. G. Schlösser*.

Erkl. 250. Bei manchen kleineren Versuchen ersetzt der Elektrophor die später beschriebene Elektrisiermaschine.

Erkl. 251. Will man mittels der durch die Figuren 37 und 38 dargestellten Elektrophore einen isolierten Leiter, wie z. B. die Leydener Flasche elektrisch laden, so braucht man nur den Deckel *D* abzuheben und dem Knopf der Flasche zu nähern und dies Verfahren einigemal wiederholen.

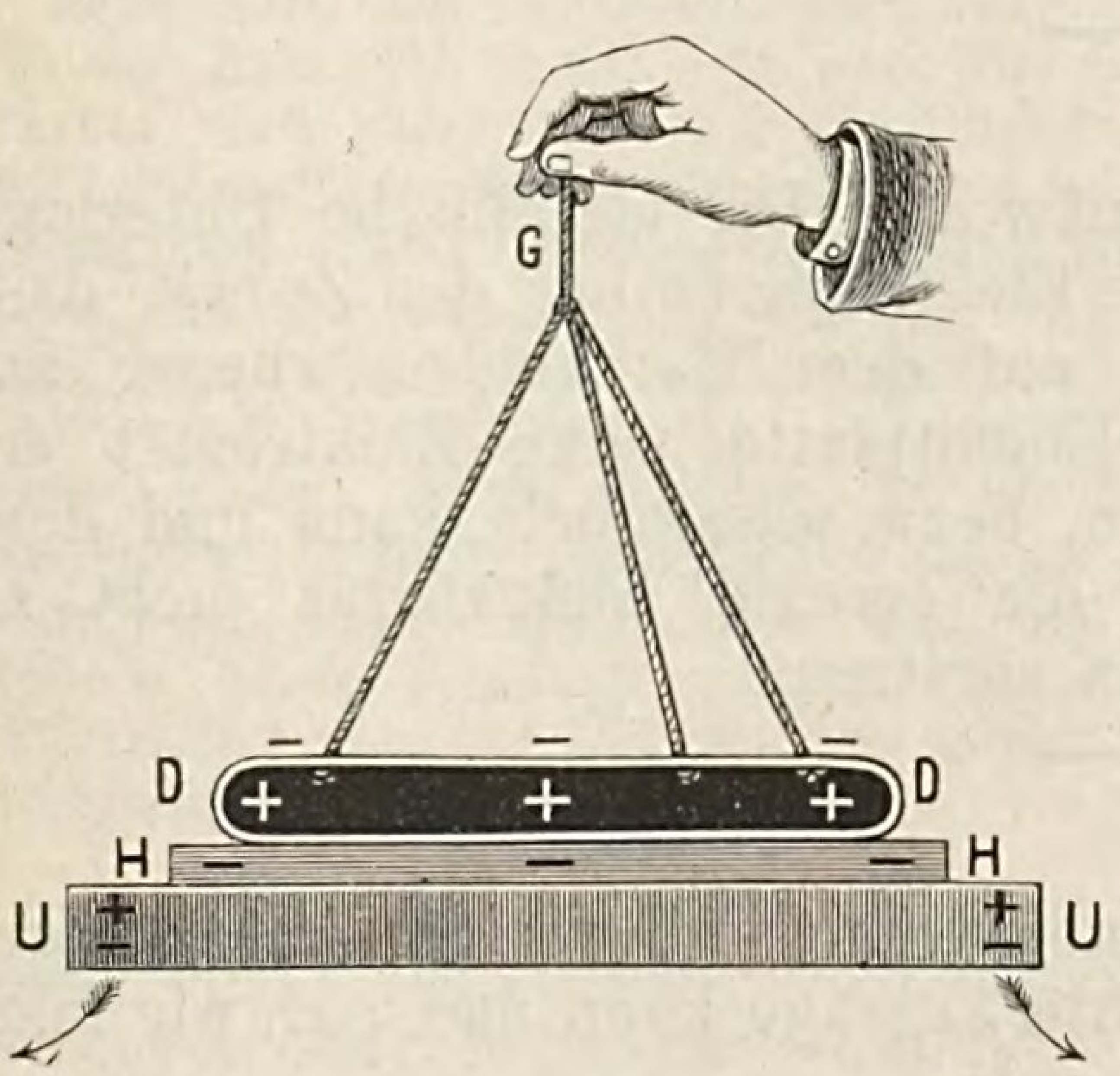
Eine ableitende Berührung des Deckels ist bei diesen Elektrophoren nicht nötig (siehe Erkl. 248 und 249); der Gebrauch dieser Elektrophore ist demnach bequemer und deshalb sind dieselben vorzuziehen.

Deckel, so erhält man abermals einen elektrischen Funken, welches Experiment man mehrmals wiederholen kann, ohne dass man in dem Harzkuchen durch Reiben oder Schlagen neue Elektricität erregen muss. Hebt man hingegen den Deckel auf, ohne ihn vorher ableitend berührt zu haben, so erhält man keinen elektrischen Funken, der Deckel zeigt in diesem Falle keine Elektricität.

Will man mittels eines Elektrophors einen isolierten Leiter, wie z. B. die später vorgeführte Leydener Flasche elektrisch laden, so muss man den Deckel ableitend berühren, dann denselben abheben und dem Knopf der Leydener Flasche nähern. Bringt man gleichzeitig den Harzkuchen, bezw. die Ebonitplatte mit einem guten Leiter in Verbindung, so wird dieser Leiter mit einer gleichen Menge Elektricität geladen (siehe Erkl. 251).

Frage 96. Worin besteht der Vorgang bei dem Gebrauch eines Elektrophors?

Figur 40.



Erkl. 252. In Figur 40 ist durch die Vorzeichen + und — die Art der Verteilung der Elektricität angedeutet, welche in dem Elektrophordeckel hervorgerufen wird, wenn man denselben auf den negativ elektrischen Harzkuchen *H*, bezw. auf die negativ elektrische Ebonitplatte *H* aufsetzt, ohne dass er bereits mit einem guten Leiter, z. B. mit dem Finger in ableitende Berührung gebracht worden wäre.

Antwort. Der Vorgang bei dem Gebrauch eines Elektrophors, wie derselbe in voriger Antwort vorgeführt wurde, besteht in folgendem:

Die durch Reiben in dem Harzkuchen oder der Ebonitplatte *H*, siehe Figur 40, erregte Elektricität ist nach Antwort der Frage 35 negative Elektricität (= — *E*). Diese — *E* des Harzkuchens, bezw. der Ebonitplatte wirkt nach dem Gesetz der elektrischen Influenz verteilend auf die in dem Deckel *D* von Natur aus vorhandenen und sich neutralisierenden Elektricitäten; infolgedessen wird sich auf der unteren Fläche des Deckels, welcher ein guter Leiter ist, die Influenzelektricität der 1ten Art, das ist die jener erregten Elektricität entgegengesetzte, also + *E* ansammeln, während sich auf der oberen Fläche des Deckels die Influenzelektricität der 2ten Art, nämlich — *E* ansammelt.

So lange nun der Deckel aufliegt, wird die Influenzelektricität der 1ten Art durch die ungleichnamige Elektricität im Harzkuchen (in der Ebonitplatte) gebunden, während die Influenzelektrici-

Erkl. 253. Dass der bei einem Elektrophor stattfindende Vorgang derjenige ist, wie er in nebenstehender Antwort beschrieben, kann man durch folgendes Experiment darthun:

Benutzt man als Elektrophordeckel einen Deckel, welcher aus zwei parallelen, um 1 bis 2 cm von einander abstehenden, durch isolierende Seideschnüre verbundenen Metallscheiben besteht, so wird man nach sorgfältigem Abheben dieses Doppelscheibendeckels die Wahrnehmung machen, dass die untere Scheibe $-E$, die obere aber $+E$ enthält.

Erkl. 254. Bei dem durch die Figur 37 dargestellten Elektrophor wird sich die in der metallischen Unterlage durch Influenz hervorgerufene Influenzelektricität der 1ten Art, welche $+E$ ist, in dem Metallstift ansammeln, da derselbe der geriebenen Harzfläche am nächsten ist, und diese $+E$ wird sich bei Annäherung des Deckels mit der in demselben hervorgerufenen Influenzelektricität der 2ten Art, welche $-E$ ist, vereinigen, was die Ursache des in der Erkl. 247 erwähnten elektrischen Funkens ist. Infolgedessen wird der Elektrophordeckel nur noch die gebundene Influenzelektricität der 1ten Art, welche $+E$ ist, enthalten, woraus sich erklären lässt, dass der Deckel, wenn man aus demselben nach dem Abheben elektrische Funken erhalten will, nicht ableitend berührt zu werden braucht. Dies ist auch der Grund, warum die Unterlage des Elektrophors $-E$ zeigt.

Dasselbe gilt auch für den durch die Figur 38 dargestellten Ebonitelektrophor von *J. G. Schlösser*, bei welchem der Metallstift durch die Stanniolzunge *M* ersetzt ist.

tät der 2ten Art frei ist, was man daran erkennt, dass man bei Annäherung eines guten Leiters, z. B. eines Fingers, einen elektrischen Funken erhält; diese freie Elektricität wäre somit abgeleitet. Hebt man nun den Deckel an dem isolierenden Handgriff *G* auf, so wird die seither gebundene Influenzelektricität der 1ten Art ebenfalls frei, was man wiederum dadurch erkennt, dass man bei abermaliger Annäherung eines Fingers wieder einen Funken erhält. Legt man wieder den Deckel auf, so wiederholt sich der Vorgang der elektrischen Verteilung, es wird sich nämlich auf der unteren Fläche des Deckels gebundene $+E$, auf der oberen Fläche freie $-E$ ansammeln.

Hebt man nunmehr den Deckel auf, ohne ihn vorher ableitend berührt zu haben, so werden sich die getrennten Influenzelektricitäten der 1ten und 2ten Art sofort wieder vereinigen, der Deckel wird also keine freie Elektricität enthalten, was dadurch bestätigt wird, dass man bei Annäherung eines Fingers in diesem Fall keinen elektrischen Funken erhält.

Frage 97. Welchen Zweck hat die metallische Unterlage eines Elektrophors?

Antwort. Die metallische Unterlage eines Elektrophors hat den Zweck, dass man auf dem Harzkuchen, bezw. auf der Ebonitplatte mehr Elektricität erregen, bezw. ansammeln kann und dass sich die erregte Elektricität nicht zu leicht zerstreut.

Frage 98. Auf welche Weise kann man sich die in voriger Antwort gemachte Aussage erklären?

Erkl. 255. Dass, wie in nebenstehender Antwort erwähnt, auf der metallischen Unterlage eines Elektrophors, siehe Figur 40, $+E$ angesammelt und teilweise durch den Harzkuchen oder die Ebonitplatte gebunden wird, kann man durch folgende Versuche bestätigen:

1). Berührt man mit einem Finger die metallische Unterlage eines geladenen Elektrophors, mit einem andern Finger den Deckel des Elektrophors, so wird sich die in der

Antwort. Die in voriger Antwort gemachte Aussage kann man sich wie folgt erklären:

Die in dem Harzkuchen, bezw. in der Ebonitplatte *H*, siehe Figur 40, erregte Elektricität wirkt nach dem Gesetz der elektrischen Influenz verteilend auf die metallische Unterlage (siehe Erkl. 255), infolgedessen wird sich auf der Seite der metallischen Unterlage, welche dem Harzkuchen (der Ebonitplatte) zugekehrt ist,

metallischen Unterlage angesammelte $+E$, welche durch Auflegen des Deckels teilweise frei wird, indem die Unterlage von der wirksamen Schicht weiter entfernt ist als der Deckel, mit der in dem Deckel vorhandenen freien $-E$ durch den menschlichen Körper hindurch, welcher ein guter Leiter ist, zu vereinigen suchen und diese Vereinigung wird in Form eines elektrischen Funkens stattfinden, welchen man an dem Finger, den man zuletzt dem Elektrophor nähert, wahrnimmt. Dieser elektrische Funke ist bedeutend stärker als derjenige, welchen man nach dem in Antwort der Frage 95 angegebenen Versuch erhält.

2). Legt man einen Harzkuchen oder eine Ebonitplatte auf einen Isolator, erregt Elektricität durch Schlagen oder Reiben und hebt dann den Harzkuchen oder die Ebonitplatte auf, so wird man bei Annäherung des Fingers keinen oder nur einen sehr schwachen Funken erhalten; legt man hingegen den Harzkuchen, bezw. die Ebonitplatte auf eine leitende, metallische Unterlage, erregt Elektricität und hebt dann den Harzkuchen, bezw. die Ebonitplatte auf, so wird man sehr kräftige Funken bei Annäherung des Fingers erhalten.

3). Kehrt man den elektrisierten Harzkuchen um und untersucht denselben in bezug auf die Art der Elektricität, welche er auf seiner unteren Fläche zeigt, so wird man finden, dass er daselbst $+E$ enthält, was man sich dadurch erklären kann, dass von der Unterlage ein Teil der vorher daselbst erregten Influenzelektricität der 1ten Art, welche $+E$ ist, auf die untere Fläche des Harzkuchens überging.

Erkl. 256. Aus nebenstehender Antwort und aus der Erkl. 255 ergibt sich auch der Grund, warum man keine so starke Ladungen freier und gebundener Elektricität in dem Elektrophordeckel erhält, wenn man den Harzkuchen, bezw. die Ebonitplatte auf eine isolierende Unterlage (z. B. auf eine Glasplatte) setzt, als man erhält, wenn man eine leitende Unterlage benutzt, indem alsdann der in nebenstehender Antwort erwähnte Vorgang nicht stattfinden kann (siehe Erkl. 255) und jede weitere durch Schlagen oder Reiben erregte Elektricität von dem Harzkuchen sofort in das Reibzeug übergeht.

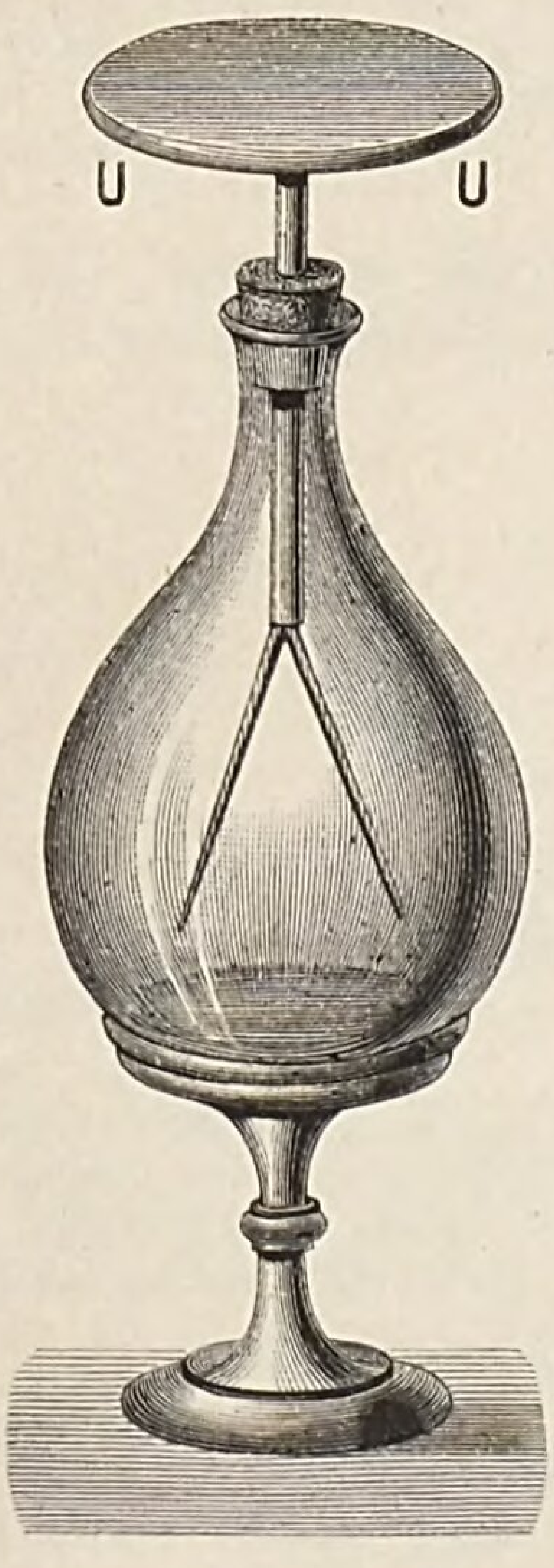
Erkl. 257. In betreff der verteilenden Wirkung, welche der an seiner oberen Fläche geriebene Harzkuchen auf seine metallische Unterlage ausübt, stehen sich im allgemeinen die zwei Theorien von *Riess* und *Bezold* gegenüber. Die Theorie von *Riess* besteht darin, dass die auf der Oberfläche des Harzkuchens erregte $-E$ zunächst influenzierend auf den Harzkuchen selbst wirkt und infolgedessen eine Schicht $+E$ im Innern des Kuchens und eine Schicht $-E$ an der unteren Fläche des Kuchens entsteht und letztere verteilend auf die metallische Unterlage wirkt. *Riess* elektrisierte die eine Fläche eines nicht auf einer leitenden metallischen

Influenzelektricität der 1ten Art und zwar $+E$ ansammeln und diese $+E$ wird von der $-E$ des Harzkuchens (der Ebonitplatte) gebunden, während sich auf der andern Seite der Unterlage Influenzelektricität der 2ten Art und zwar $-E$ ansammelt, welche, da die Unterlage mit der Erde in leitender Verbindung steht, auf die Erde abgeleitet wird (siehe Erkl. 256). Da also die Influenzelektricität der 1ten Art, welche auf der metallischen Unterlage hervorgerufen wird, von der $-E$ des Harzkuchens (der Ebonitplatte) gebunden wird, mithin umgekehrt ein Teil der letzteren von ersterer gebunden wird, so kann man hiernach in dem Harzkuchen, bezw. in der Ebonitplatte viel mehr Elektricität erregen, als dies ohne die metallische Unterlage der Fall ist (siehe die Erkl. 257).

Unterlage, sondern eines isoliert aufliegenden Harzkuchens durch Reiben und wies mittels eines Probescheibchens nach, dass die untere Fläche auch $-E$ enthält und schliesst hieraus obige Erklärung. Diese Theorie widerlegt *Bezold*, indem er sagt, dass der Nachweis mittels des Probescheibchens nicht zulässig ist, indem die in der Nähe befindliche, auf der einen Fläche des Harzkuchens durch Reiben erregte Elektricität influenzierend auf dasselbe wirkt. *Bezold* benutzte deshalb ein anderes Verfahren und wies mittels der Staubfiguren, über welche in einem späteren Abschnitt ausführliches angegeben ist, nach, dass die elektrischen Erscheinungen, welche sich in betreff der Art der Elektricität an der unteren Fläche des Harzkuchens zeigen, Folgen sind von der elektrischen Fernewirkung der oberen Fläche, bezw. Folgen sind von der durch die obere geriebene Fläche in der metallischen Unterlage hervorgerufenen Influenz (siehe das dritte Experiment in der Erkl. 255).

Frage 99. Auf welche Weise kann man mittels eines Elektroskops den bei einem Elektrophor stattfindenden, in Antwort der Frage 96 erwähnten Vorgang experimentell bestätigen?

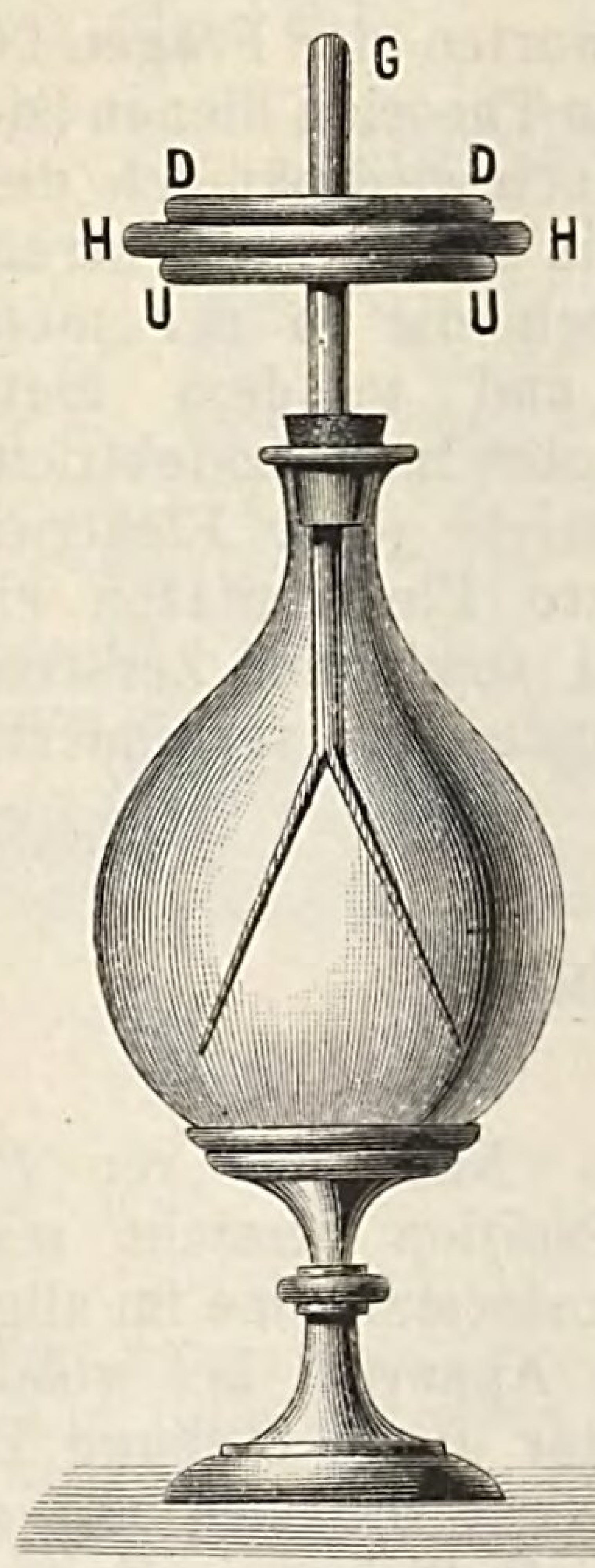
Figur 41.



Antwort. Den bei dem Gebrauch eines Elektrophors stattfindenden und in Antwort der Frage 96 erwähnten Vorgang kann man mittels eines Elektroskops wie folgt nachweisen:

Auf die Platte U eines Elektroskops, siehe Figur 41, lege man eine etwas grössere, noch unelektrische Harzplatte H, am besten eine Ebonitplatte. Ist nun die Ebonitplatte noch nicht elektrisch, wie angenommen wurde, so zeigen die Goldblättchen des Elektroskops keine Divergenz. Wird nun auf der Ebonitplatte durch Schlagen mit Raubtierpelz Elektricität erregt, so wird die erregte $-E$ auf die Metallplatte U des Elektroskops, welche als metallische Unterlage eines Elektrophors betrachtet werden kann, verteilend wirken, die hierdurch erregte Influenzelektricität der 1ten Art, welche $+E$ ist, binden und die Influenzelektricität der 2ten Art, welche $-E$ ist, abstossend nach den Goldblättchen des Elektroskops treiben, die infolgedessen divergieren und $-E$ zeigen. Berührt man die Platte des Elektroskops mit dem Finger ableitend, so wird die Influenzelektricität der 2ten Art, jene $-E$, welche die Goldblättchen divergieren macht, auf dem Erdboden verschwinden,

Figur 42.



Erkl. 258. In der Figur 42 bildet die Metallplatte *U U* des Elektroskops die metallische Unterlage, die Ebonitplatte *H H* den Harzkuchen, die mit einem isolierenden Handgriff versehene Metallplatte *D D* den Deckel eines Elektrophors.

infolgedessen die Goldblättchen wieder zusammenfallen. Es bleibt somit in der Metallplatte nur die gebundene Influenzelektricität der 1ten Art, welche $+E$ ist, übrig, was man daran erkennt, dass sobald die Ebonitplatte weggenommen, also diese $+E$ frei wird, die Goldblättchen wieder divergieren und $+E$ zeigen, und wenn die Ebonitplatte wieder aufgelegt wird, dieselben wieder zusammenfallen, indem diese $+E$ durch die $-E$ der Ebonitplatte sofort wieder gebunden wird.

Zur Vervollständigung des Experiments setze man nunmehr auf die Ebonitplatte *HH*, wie die Figur 42 zeigt, eine der Metallplatte *UU* des Elektroskops gleiche, mit einem isolierenden Handgriff versehene Metallplatte *DD*, wodurch man einen vollständigen Elektrophor erhält (siehe Erkl. 258).

Berührt man jetzt die aufgelegte Metallplatte mit dem Finger ableitend, so werden die vorhin zusammengefallenen Goldblättchen sofort wieder divergieren, indem durch die ableitende Berührung der oberen Metallplatte, wie in Antw. der Frage 96 erwähnt, die in dieser Platte durch Influenz hervorgerufene Influenzelektricität der 2ten Art, welche hier $-E$ ist, abgeleitet wird, wodurch die in dieser Platte übrig bleibende $+E$ die $-E$ der Ebonitplatte kräftiger binden kann, und infolgedessen diese $-E$ der Ebonitplatte nicht mehr so kräftig bindend auf die entferntere $+E$ in der Platte des Elektroskops, bezw. in den Goldblättchen wirken kann, diese $+E$ hierdurch teilweise wieder frei wird und die vorhin erwähnte Divergenz der Goldblättchen hervorruft.

Frage 100. Welche eigentümliche Fähigkeit besitzt der Elektrophor in bezug auf die Dauer der in ihm erregten Elektricität und auf welche Weise versuchte man, sich diese Fähigkeit zu erklären?

Antwort. Wird der in Wirkung versetzte Elektrophor mit seinem Deckel bedeckt, so zeigt er die ihm eigentümliche Fähigkeit, seine Elektricität Monate lang zu halten. Diese Eigentümlichkeit des Elektrophors gab ihm seinen

Namen **Elektrophor**, d. h. **Elektricitätsträger** oder **Elektricitätsbewahrer**.

Zur Erklärung jener eigentümlichen Fähigkeit des Elektrophors mögen die in den Antworten der Fragen 96 und 98 vorgeführten Theorien dienen (siehe Erkl. 259); hiernach wird nämlich die in dem Isolator (dem Harzkuchen) erregte Elektricität durch die in der metallischen Unterlage und in dem metallischen Deckel erregten Influenzelektricitäten der 1ten Art, welche jener Elektricität entgegengesetzte Elektricitäten sind, gebunden und somit die Zerstreuung in die umgebende Luft verhindert.

Erkl. 259. Aus vorstehendem ergibt sich, dass der Elektrophor sowohl zu den **Apparaten zur Erregung** von Elektricität, als auch zu den **elektrischen Ansammlungsapparaten** und zu den **Verstärkungsapparaten** gezählt werden kann.

b). Die Elektrisiermaschine.

Frage 101. Was versteht man im allgemeinen unter einer **Elektrisiermaschine**?

Erkl. 260. Alle die mechanischen Vorrichtungen, mittels welcher man einfach auf einem Isolator durch Reibung Elektricität erregt, wie z. B. mittels einer in der Hand gehaltenen und geriebenen Glas- oder Harzstange, siehe Figur 1, gehören nach nebenstehender Definition nicht zu der Klasse der Elektrisiermaschinen.

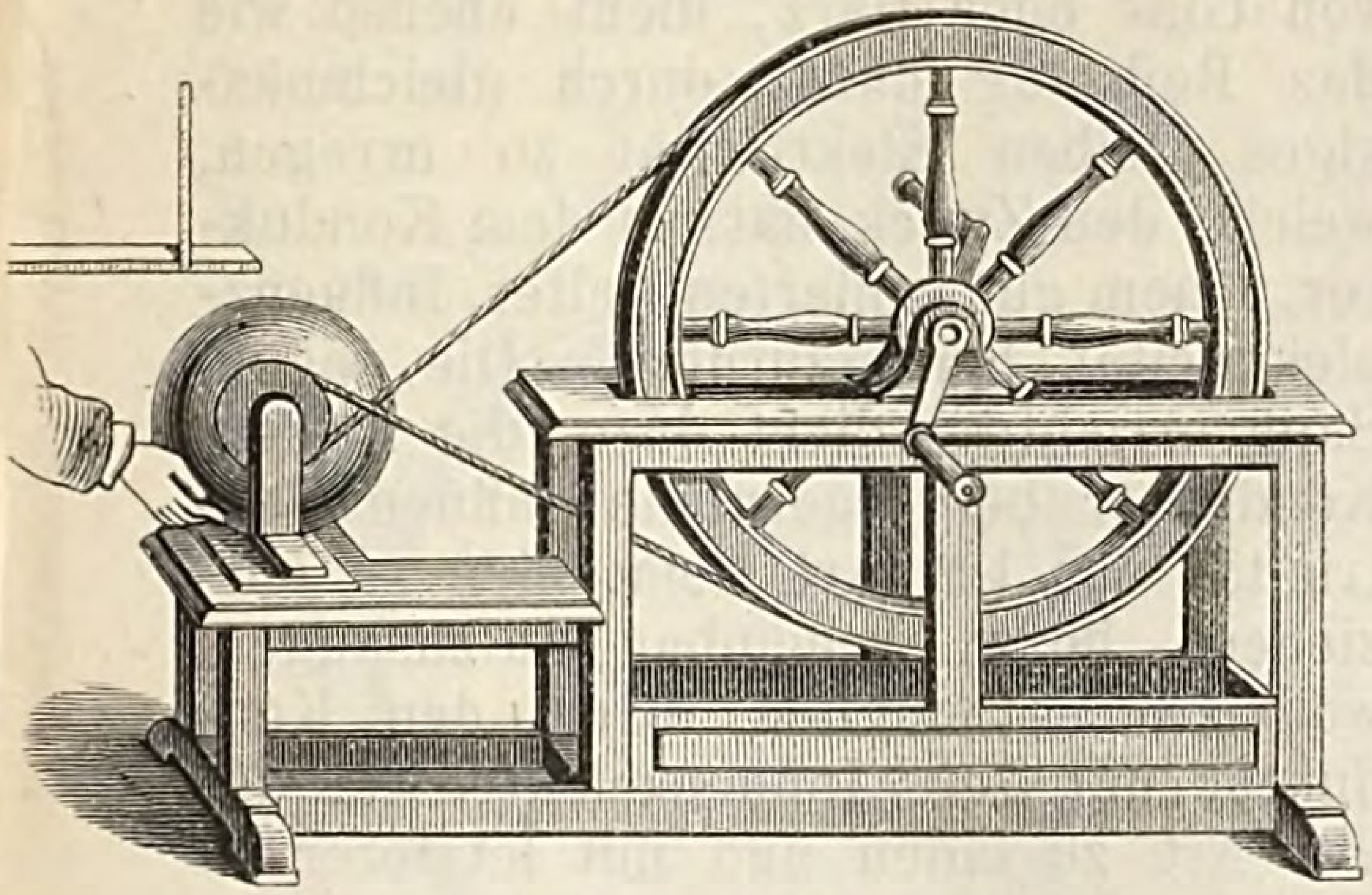
Antwort. Nach der von *Riess* gegebenen Definition versteht man unter einer Elektrisiermaschine im allgemeinen einen jeden Apparat, bei welchem auf einem Isolator durch Reibung Elektricität erregt wird, die sich auf einem in der Nähe befindlichen isolierten Leiter ansammelt, indem hierbei die Influenzelektricität der 1ten Art dieses Leiters abgeleitet wird (siehe Antw. der Frage 106).

Frage 102. Was kann man in bezug auf die Entwicklung der Elektrisiermaschinen im allgemeinen aussagen?

Antwort. Schon Mitte des 17. Jahrhunderts versuchte man mittels **mechanischer Vorrichtungen** Isolatoren, wie Harz, Schwefel, Glas etc. durch Reiben zu elektrisieren. Einer der ersten, welche solche Vorrichtungen benutzten, war im Jahr 1670 *Otto von Guericke*. Mittels einer durch die Figur 43 dargestellten ähnlichen Vorrichtung liess er eine Kugel von Schwefel in rotierende Bewegung setzen, an welcher ein isoliert aufgestellter Mann seine Hand anlegen musste, um als Reibzeug zu dienen. Die somit erregte Elektricität wurde einem Leiter mitgeteilt.

Ueber ein halbes Jahrhundert später wurde durch Professor *Hausen* statt einer Schwefelkugel eine Glaskugel in ähn-

Figur 43.



Erkl. 261. Der Mechaniker *M. Wesselhöft* in Halle a. d. Saale vollendete im Jahr 1864 die erste Influenzmaschine von *Töpler* in Petersburg und baute für denselben die erste selbsterregende Influenzmaschine in Deutschland. Dieselbe wurde von *Töpler* im Jahr 1878 auf der Naturforscherversammlung in Kassel aufgestellt und besprochen.

licher Weise benutzt und durch den Drechsler *Giessing* in Leipzig die Hand durch ein Reibkissen ersetzt. Da letzteres an einer Kugel sehr schwer anzubringen ist, so ging man bald von den Glaskugeln zu den Glascylindern über.

Durch den Nachweis von *Stephan Gray*, dass isolierte Metallkörper die besten Leiter sind, wurde der Konduktor erfunden, der einen Hauptbestandteil der Elektrisiermaschine bildet, und hierdurch war es möglich, dass im Jahr 1743 *Hausen & Winkler* in Leipzig die erste vollständige Elektrisiermaschine erbauen konnten.

Seit dieser Zeit hat die Elektrisiermaschine bedeutende Verbesserungen erfahren, besonders durch Einführung der Glasscheiben statt der Glascylinder; *van Marum* und *Karl Winter* brachten hierdurch die Elektrisiermaschine zu ihrer jetzigen Vollkommenheit.

Im Jahr 1840 wurde zufälligerweise das Prinzip der Dampfelektrisiermaschine erfunden und eine solche Maschine von *Armstrong* konstruiert.

Mit dem Grundgedanken der Elektrisiermaschinen vertraut, konstruierten *Holtz* in Wien und *Töpler* in Petersburg, und zwar ganz unabhängig von einander, die sogen. Influenzelektrisiermaschinen, welche als die bis jetzt vollkommensten der hierhergehörigen Apparate zur Erregung und Ansammlung von Elektricität zu betrachten sind und mit der Zeit alle übrigen Maschinen verdrängen werden.

Frage 103. Welches sind die Bestandteile einer Elektrisiermaschine und welchen Zweck haben diese Bestandteile im allgemeinen?

Erkl. 262. Die Ableitungsvorrichtung hat im allgemeinen den Zweck, die eine der durch die Maschine erregten Elektricitäten abzuleiten, um die andre Elektricität frei zu machen und zum Experimentieren verwenden zu können; denn wird eine der mittels einer Elektrisiermaschine erregten Elektricitäten, z. B. die auf dem Reibzeug sich ansammelnde Elek-

Antwort. Die Bestandteile einer Elektrisiermaschine sind:

a). der geriebene Körper, auch Reiber genannt;
b). das Reibzeug;
c). der Konduktor;
d). die sogen. Saugvorrichtung;
e). die Vorrichtung zur Ableitung der Elektricität des Reibzeugs (siehe Erkl. 262);
f). die Vorrichtung zur Verhinderung der Elektricitätszerstreuung in die Luft (siehe Erkl. 263);

tricität ($-E$) nicht abgeleitet, so würde sie sich nach und nach in einer solchen Menge ansammeln, dass sie der Ueberströmung der auf dem Reiber erregten Elektricität ($+E$) zu dem Konduktor hinderlich wäre. Sie würde sich schliesslich, wenn ihre elektrische Spannung gross genug geworden ist, mit der auf dem Reiber erregten entgegengesetzten Elektricität vereinigen, es würde also die Maschine keine Wirkung hervorbringen.

g). die Vorrichtung zur Verstärkung der elektrischen Ladung des Konduktors;

h). die Vorrichtung zur Ableitung der Elektricität des Konduktors.

Der Reiber, ein Isolator, gewöhnlich von Glas oder Harz, dient ebenso wie das Reibzeug dazu, durch gleichmässiges Reiben Elektricität zu erregen, welche den Zweck hat, in dem Konduktor, einem gut isolierten Leiter, Influenzelektricität hervorzurufen. Die sogen. Saugvorrichtung dient dazu, die in dem Konduktor hervorgerufene Influenzelektricität der 1ten Art demselben zu entziehen, bezw. scheinbar aufzusaugen, wodurch es möglich wird, den Konduktor mit freier Influenzelektricität der 2ten Art zu laden und mit letzterer zu experimentieren. Die Ableitungsvorrichtung hat den Zweck, die auf dem Reibzeug erregte Elektricität von demselben fortzuleiten (siehe Erkl. 262). Der Zweck der übrigen Bestandteile ergibt sich aus den vorstehenden Aufzählungen von selbst. Ausführliches über die Einrichtung und den Zweck der Bestandteile einer Elektrisiermaschine ergibt sich aus den Antworten der folgenden Fragen.

Erkl. 263. Damit sich die während der Drehung des Reibers einer Elektrisiermaschine auf demselben erregte Elektricität nicht in der Luft zerstreuen kann, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dies durch eine Vorrichtung zu verhindern, wodurch die Wirkung der Elektrisiermaschine verstärkt wird.

Frage 104. Wie werden die Elektrisiermaschinen eingeteilt?

Antwort. Die Elektrisiermaschinen werden einmal je nach der Form des geriebenen Körpers, des Reibers, nämlich je nachdem derselbe die Form eines Cylinders oder einer Scheibe etc. hat, eingeteilt in Cylinder- oder Scheibenmaschinen etc.; ein andermal werden die Elektrisiermaschinen je nach der Substanz, aus welcher der Reiber besteht, nämlich je nachdem z. B. der Reiber aus Glas, Ebonit, Guttapercha, Wasserdampf etc. besteht, eingeteilt in Glas-, Ebonit-, Guttapercha-, Dampfelektrisiermaschinen etc. (s. die Erkl. 264—266).

Erkl. 264. Der Reiber ist gewöhnlich eine um eine feste Axe drehbare Glasscheibe oder ein um eine feste Axe drehbarer Glascylinder.

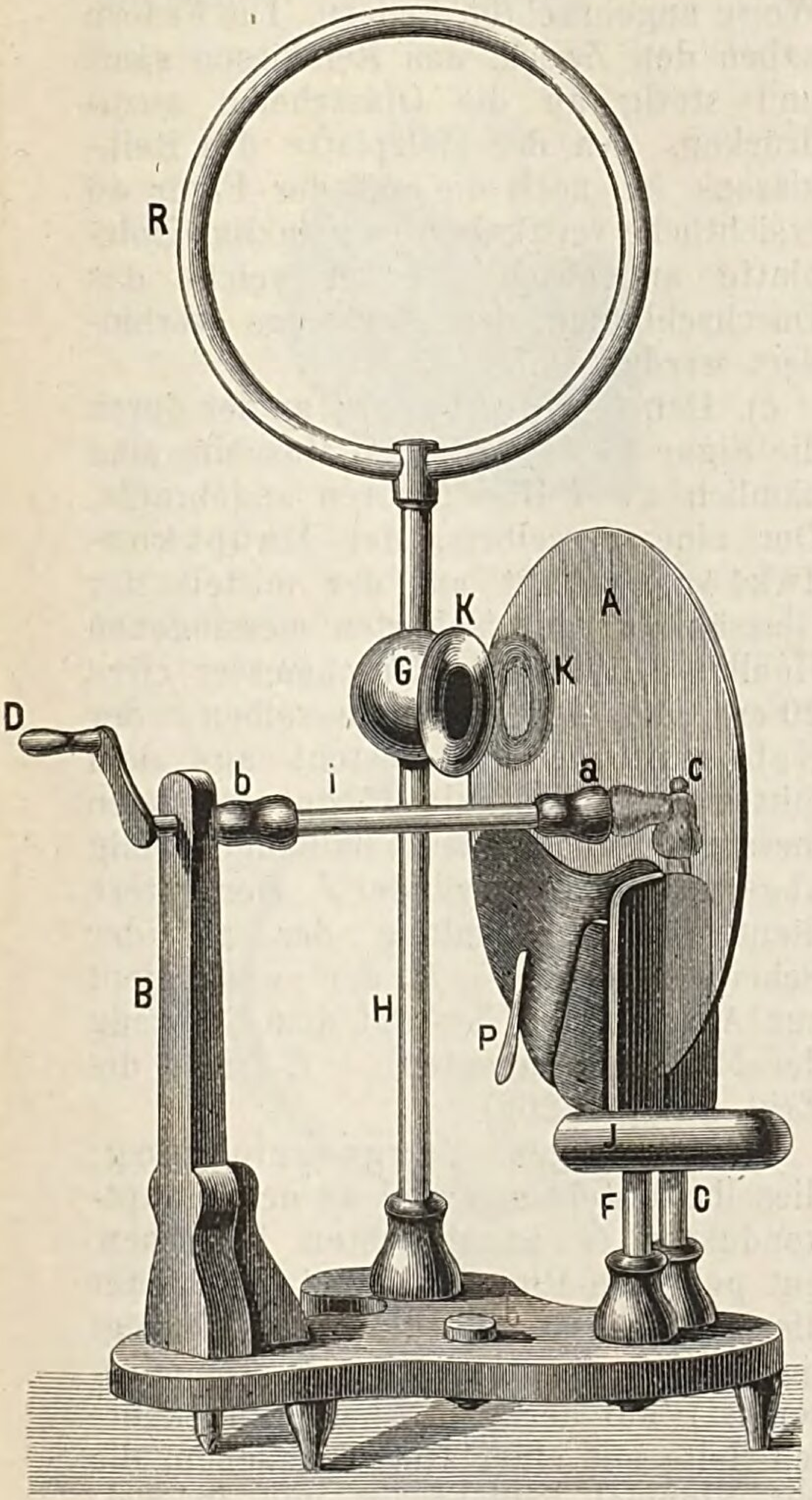
Da Glasscheiben sehr zerbrechlich sind, so benutzt man auch oft Ebonitscheiben.

Erkl. 265. Kugeln als Reiber zu benutzen, ist wegen der schwierigen Anbringung des Reibzeugs nicht mehr gebräuchlich, obgleich sich mit denselben jedenfalls kräftige Wirkungen erzielen lassen.

Erkl. 266. Bei den Elektrisiermaschinen, bei welchen der geriebene Körper, der sogen. Reiber, aus Glas besteht, dienen als Reibzeuge lederne, mit Kienmaierschem Amalgam bestrichene Kissen (siehe Erkl. 81), während bei den Maschinen, bei welchen der geriebene Körper aus Harz (Ebonit) besteht, als Reibzeuge Pelz, bezw. mit Mussivgold (Zinnsulfid, Schwefelzinn) oder Graphit bestrichenes Leder dienen.

Frage 105. Worin besteht die besondere Einrichtung einer Elektrisiermaschine?

Figur 44.



Antwort. Was die spezielle Einrichtung einer Elektrisiermaschine anbetrifft, so sei hier bemerkt, dass jede Maschine, welche von einem andern Verfertiger herstammt, mehr oder weniger besondere praktische Eigentümlichkeiten aufzuweisen hat. Deshalb sind in nachstehendem einige derjenigen Elektrisiermaschinen näher beschrieben, welche im allgemeinen die verbreitetsten zu sein scheinen.

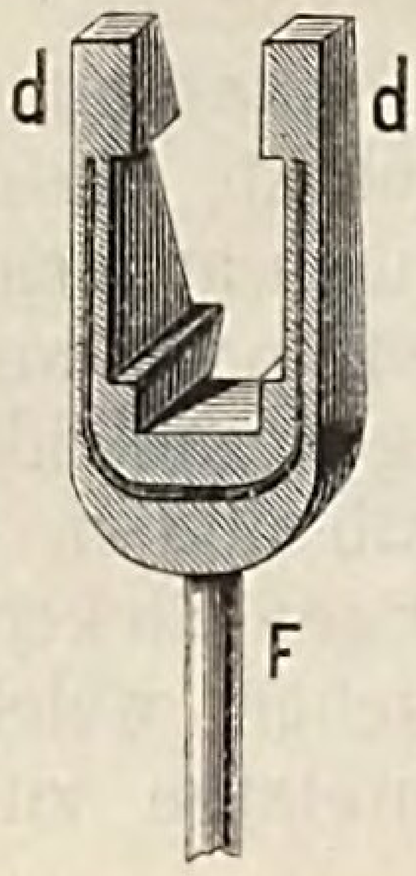
1). Die von *Karl Winter* in Wien konstruierte Elektrisiermaschine.

Diese durch die Figur 44 dargestellte und in Dr. J. Müllers Physik beschriebene Maschine ist eine Scheibenmaschine; dieselbe besteht aus:

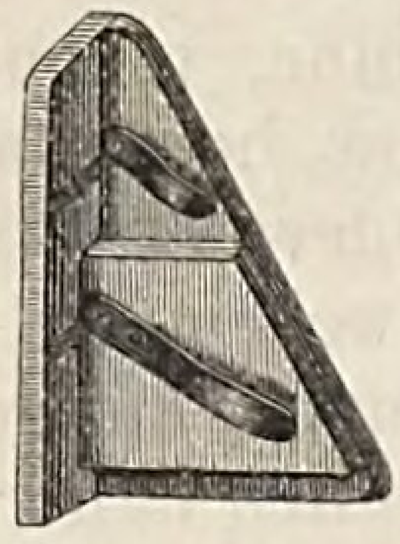
a). Dem Reiber *A*, welcher die Form einer Scheibe hat und aus gutem Spiegelglas besteht. Die Scheibe *A* ist auf einer durch ihre Mitte *a* gehende Axe *bc* mittels einer Holzmutter befestigt. Die Axe *bc* besteht teilweise aus sehr gut getrocknetem und gefirnistem Holz, teilweise aus Glas und liegt in den zwei vertikalen Säulen *B* und *C*. Die Säule *B* ist von Holz, die Säule *C* ist eine isolierte Glassäule. An dem Ende der Axe *bc*, welches in der Holzsäule *B* liegt, ist die Kurbel *D* zum Drehen der Axe und der darauf befestigten Scheibe *A* angebracht.

b). Dem Reibzeug; dasselbe besteht aus zwei auf der isolierten Glassäule *F* befestigten Lederkissen, die mittels Federn sanft an die Scheibe angedrückt werden. Die spezielle Einrichtung und die Art der Befestigung des Reibzeugs ergibt sich aus den Figuren 45 und 46. Auf der Glassäule *F* ist das Holzgestell *dd* aufgekittet, dessen Form aus der Figur 45 erkennbar ist. Auf der Innenseite des Holzgestells *dd* sind zwei gleiche paralleltrapezförmige Vertiefungen eingeschnitten, in welche je eines der durch die Figur 46 dargestellten Reibkissen eingeschoben werden kann. Jedes dieser Reibkissen besteht, wie die Figur 46 zeigt, aus einer Holzplatte, welche die Form eines an den Ecken

Figur 45.



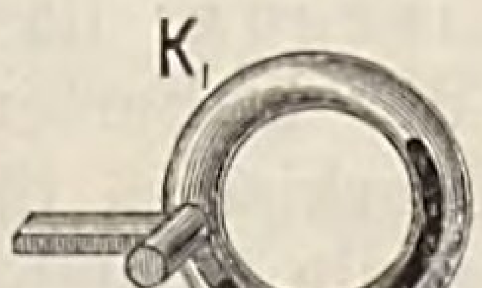
Figur 46.



Erkl. 267. Die Form des Konduktors ist die einer Kugel oder eines beiderseitig halbkugelförmig abgerundeten Cylinders. Ob man die eine oder die andre dieser Formen wählt, ist nur insofern von Einfluss, wenn man dadurch an einzelnen Stellen eine grössere Dichtigkeit der Elektricität erhalten will, indem z. B. an dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, welcher die Form eines beiderseits halbkugelförmig abgerundeten Cylinders hat, die Dichtigkeit an den kugelförmigen Enden am grössten ist.

Erkl. 268. Den Konduktor G in Figur 44 nennt man auch den positiven Konduktor, da derselbe zur Ansammlung der mittels der Maschine erregten $+E$ dient, und da an dieser Maschine noch ein zweiter Konduktor J angebracht ist, der zur Ansammlung der mittels der Maschine erregten $-E$ dient. Im Gegensatz hierzu nennt man den zweiten Konduktor den negativen Konduktor.

Figur 47.



Erkl. 269. Man bedient sich deshalb der Spitzen, um die Elektricität von der Glasscheibe wegzuleiten, weil die Glasscheibe selbst aus einer isolierenden Substanz besteht, welche ihre Elektricität nicht leicht abgibt, bezw. nicht leicht weiterleitet.

Erkl. 270. Die Bezeichnung Saugvorrichtung ist an sich eine unrichtige, jedoch eine so gebräuchliche, dass sie hier nicht leicht umgangen werden kann. Die Bezeichnung kommt von dem scheinbaren Aufsaugen der Elektricität durch Spitzen (siehe Erkl. 271).

abgerundeten rechtwinkligen Dreiecks hat und auf deren einer Seite sich eine paralleltrapezförmige Erhöhung befindet, die genau in die entsprechende Vertiefung des Holzgestells dd, siehe Figur 45, passt; ferner aus einem Reibleder, welches die Form dieser Platte hat und auf der in der Figur 46 nicht sichtbaren Seite befestigt ist, und aus zwei, in der aus der Figur 46 ersichtlichen Weise angebrachten Federn. Die Federn haben den Zweck, das Reibkissen sanft und stetig an die Glasscheibe anzudrücken. An der Holzplatte des Reibkissens ist noch die aus der Figur 46 ersichtliche vertikale, rechtwinklige Holzplatte angebracht, durch welche das Durchschlüpfen des Reibzeugs verhindert werden soll.

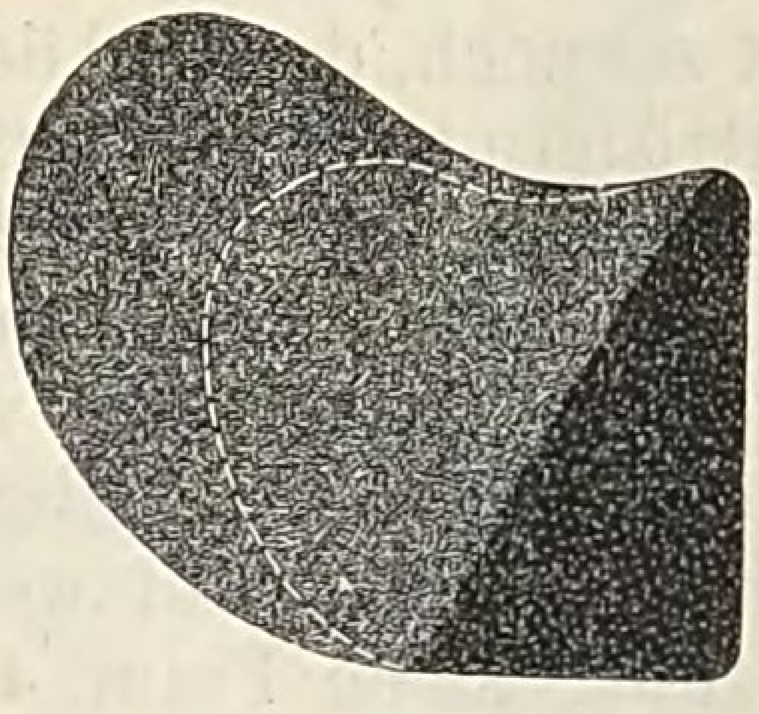
c). Den Konduktoren; an der durch die Figur 46 dargestellten Maschine sind nämlich zwei Konduktoren angebracht. Der eine derselben, der Hauptkonduktor, besteht aus der mittels der Glassäule H gut isolierten messingenen Hohlkugel G, deren Durchmesser circa 20 cm ist; der andre derselben, der Nebenkonduktor, besteht aus dem mittels der Glassäule F gut isolierten messingenen, beiderseits halbkugelförmig abgerundeten Hohlcylinder J. Der erstere dient zur Ansammlung der auf der Scheibe erregten $+E$, der zweite dient zur Ansammlung der auf dem Reibzeug der Maschine erregten $-E$ (siehe die Erkl. 267 und 268).

d). Der sogen. Saugvorrichtung; dieselbe besteht aus zwei an dem Hauptkonduktor G angebrachten hölzernen, gut polierten Ringen K und K_1. Jeder dieser Ringe ist, wie die Figur 47 zeigt (in welcher der eine Ring K weggelassen ist), auf der der Scheibe zugekehrten Seite mit einer Rinne versehen, die mit Stanniol beklebt ist und in welcher feine, nach der Scheibe gerichtete Spitzen angebracht sind. Die Ringe selbst werden mittels eines kantigen Metallstäbchens, das an denselben angebracht ist, in gleichgeformte, in den Konduktor G eingelötete Hülsen eingeschoben und dadurch an dem Kon-

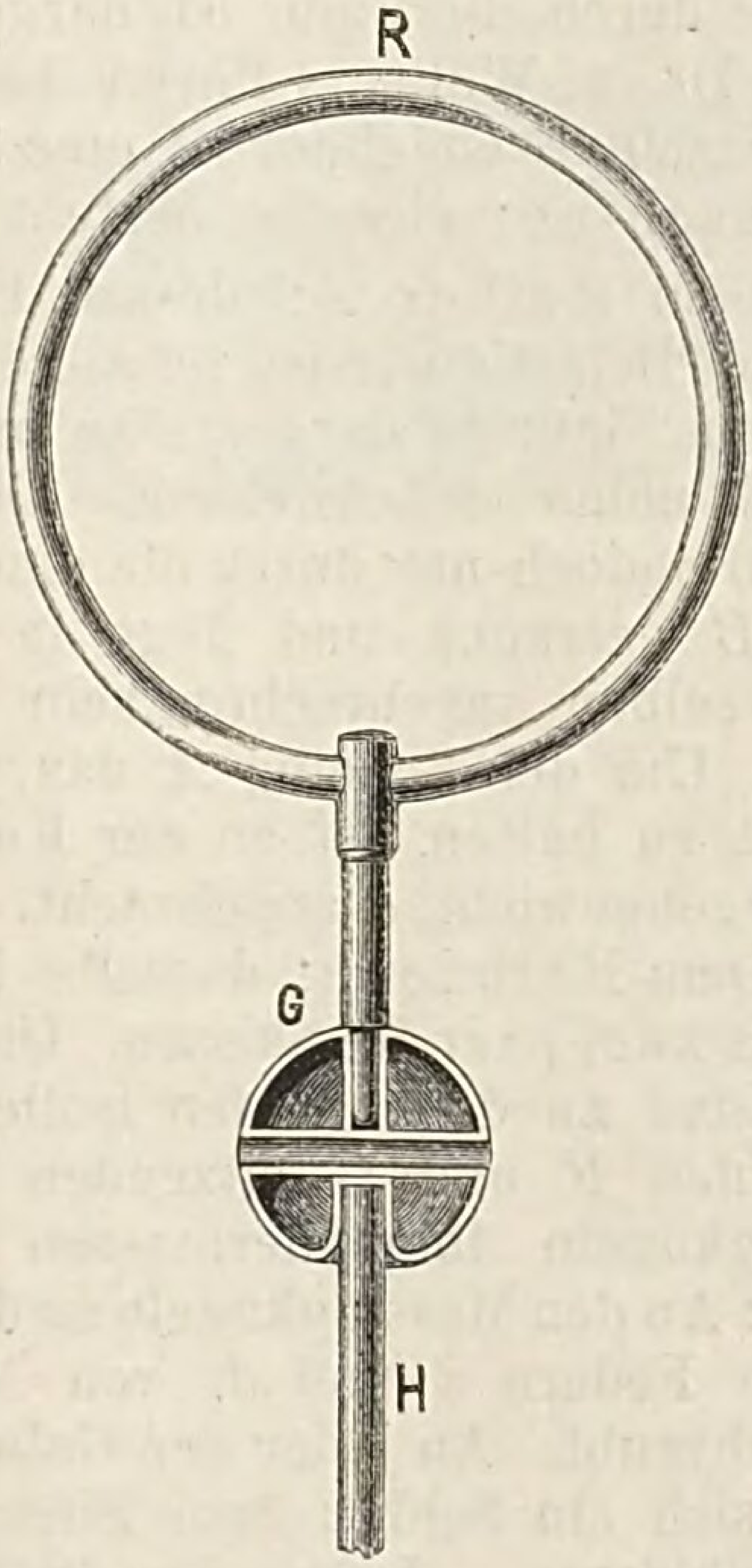
Erkl. 271. Da die Saugvorrichtung im wesentlichsten aus den zur Aufsaugung der Elektricität dienenden Spitzen besteht und solche oft so angeordnet sind, dass sie die Form eines Kammes oder Rechens haben, so sagt man auch oft einfach der Rechen oder der Kamm.

Erkl. 272. Die Ableitungskette oder die Ableitungsschnur setzt man am besten mit einer Gas- oder Wasserleitungsröhre in Verbindung, wodurch die Ableitungsvorrichtung besser ihrem Zweck entspricht.

Figur 48.



Figur 49.



duktor festgehalten, so dass sie sich nicht seitlich gegen die Scheibe A hin bewegen können. Durch die eingelegten Stanniolstreifen werden die die Elektricität an der Scheibe A aufsaugenden Metallspitzen mit dem Konduktor G in leitende Verbindung gebracht (siehe die Erkl. 269—271).

e). Der Vorrichtung zur Ableitung der Elektricität des Reibzeugs; dieselbe besteht, siehe Figur 45, aus einem auf dem Holzgestell dd befestigten Streifen von Messingblech, welcher die in dem Reibzeug sich ansammelnde Elektricität ($-E$) aufnimmt und sie auf den Nebenkonduktor J, der mittels eines Stiftes in einem in dem Holzgestell dd befindlichen Loch befestigt und leitend mit dem Metallstreifen verbunden ist, überführt, und aus einem Metalldraht oder einer Metallkette, welche auf den Konduktor J gehängt wird, um die auf dem Konduktor J sich ansammelnde Elektricität des Reibzeugs über die Erde ableiten zu können (siehe Erkl. 272).

f). Der Vorrichtung zur Verhinderung der Elektricitätszerstreuung in die Luft; dieselbe besteht aus zweien, die Scheibe A zwischen Reibzeug und Saugvorrichtung beiderseits bedeckenden Stücken Wachstaffet oder Seidezeug. Diese Wachstaffet- oder Seidezeugstücke bilden natürliche Fortsetzungen der Reibkissen, wie die Figur 48 zeigt. Das Wachstaffet ist zur besseren Isolation noch mit Schellackfirnis überzogen (siehe Erkl. 273).

g). Der Vorrichtung zur Verstärkung der elektrischen Ladung des Konduktors; dieselbe besteht, siehe Figur 44, aus einem grossen Ring R von Lindenholz, durch welchen die Oberfläche des Konduktors G bedeutend vergrössert wird. Dieser Ring enthält im Innern einen Eisenkern und ist aussen poliert; derselbe wird, wie die Figur 49 zeigt, in eine in den Konduktor G eingelötete Blechhülse gesteckt.

h). Der Vorrichtung zur Ableitung der Elektricität des Konduktors; dieselbe besteht aus einem Metall-

Erkl. 273. Bei dem Gebrauch der Elektrisiermaschine wird die Glasscheibe + elektrisch, das Reibzeug und das mit ihm verbundene Wachstaffetstück — elektrisch; infolgedessen wird bei dem Gebrauch das Wachstaffet von der Glasscheibe etwas angezogen und haftet so an der Scheibe. Dies ist auch der Grund, warum die Wachstaffetstreifen die Zerstreuung der auf der Scheibe erregten $+E$ in die umgebende Luft verhindern.

Figur 50.



stäbchen, dessen eines Ende, wie die Figur 50 zeigt, in einem schwach gekrümmten Messingblättchen endigt. Dieses Stäbchen wird in eine rechtwinklig zur Saugvorrichtung in den Konduktor eingelötete Hülse, siehe Figur 49, geschoben, so dass sich das sphärische Messingblättchen an den Konduktor eng anlegt und keine Hervorragung des Konduktors bildet. Will man die Elektricität des Konduktors ableiten, so wird das Stäbchen etwas herausgezogen und an das etwas herausgezogene Stäbchen eine leitende Metallkette etc. angehängt.

Bemerkt sei noch, dass bei den *Winter*schen Elektrisiermaschinen aufs sorgfältigste alle Ecken und scharfe Kanten vermieden sind, um ein etwaiges Ausströmen von Elektricität zu verhindern und dass diese Sorgfalt selbst auf das hölzerne Untergestell, auf welchem die Maschine ruht, siehe Figur 44, ausgedehnt ist.

2). Die von *van Marum* konstruierte Elektrisiermaschine.

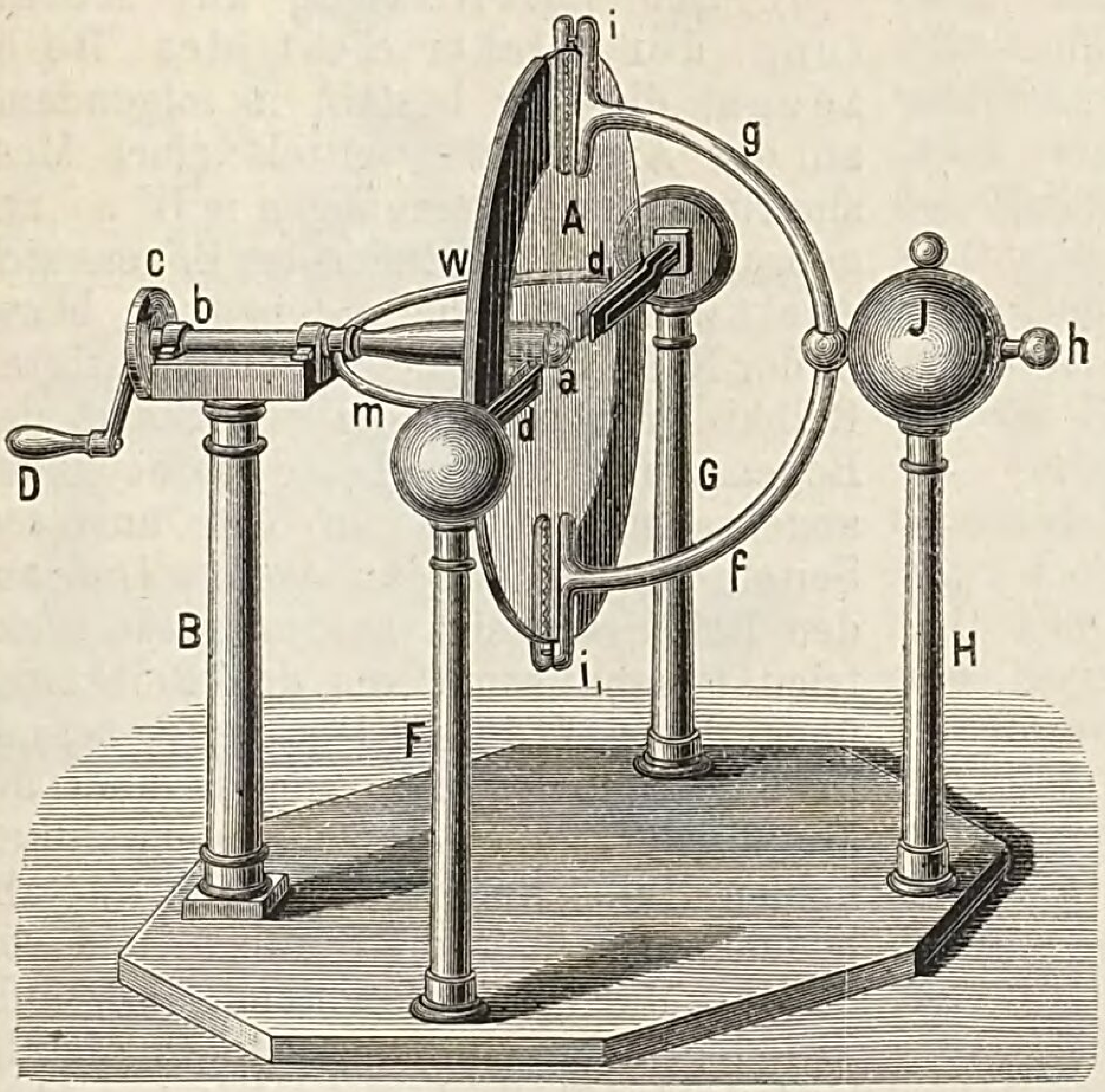
Diese durch die Figur 51 dargestellte und in Dr. A. Wüllners Physik beschriebene Maschine ist ebenfalls eine Scheibenmaschine; dieselbe besteht aus:

a). Dem Reiber A; dessen Einrichtung und Befestigung ist im allgemeinen wie die in Figur 44 dargestellte und vorstehend näher beschriebene. Die Axe ab wird jedoch nur durch die eine Holzsäule B getragen und liegt in einem auf derselben angebrachten sehr breiten Lager. Um der Scheibe A das Gleichgewicht zu halten, ist an der Kurbel D das Gegengewicht c angebracht.

b). Dem Reibzeug; dasselbe besteht hier aus zwei paar Reibkissen. Die Reibkissen sind an den auf den isolierenden Glassäulen F und G sitzenden hohlen Messingkugeln folgendermassen angebracht: An den Messingkugeln sind gabelförmige Federn d und d_1 von Messing eingeschraubt. An jeder der Gabeln befindet sich ein Schlitz zum Einschieben der Reibkissen. Jedes der Reibkissen besteht aus einer Holzleiste, auf deren einen Seite ein Metallstreifen mit einem

mit Gewind versehenen Stifte angebracht ist, der dazu dient, das Reibkissen in den Schlitz der Gabel einschieben und mittels einer Schraubmutter, welche die Gestalt einer kleinen Kugel hat, befestigen zu können, und aus mehreren auf der andern Seite der Holzleiste übereinandergelegten Wollzeugstreifen, die durch darüber gezogenes weiches, an der Holzleiste selbst befestigtes Leder zusammengehalten werden. Zwischen den an der Innenseite der Federn d und d_1 auf diese Weise befestigten Reibkissen bewegt sich die Glasscheibe A; damit nun die Reibkissen fest auf der Scheibe A anliegen und dementsprechend gestellt werden können, ist an jeder der Federn d und d_1 da, wo sie in die betreffende Messingkugel der Säulen F und G angeschraubt ist, ein mit einem durch die beiden Gabeln der Federn gehenden, beiderseits mit Schraubgewinde versehener Stift angebracht. Mittels zweier kugelförmigen Schraubmuttern, welche auf die Gewinde des Stiftes aufgeschraubt werden, kann man die Gabeln der Federn nähern und soweit zusammendrücken, dass die Reibkissen einen sanften Druck auf die Scheibe A ausüben.

Figur 51.

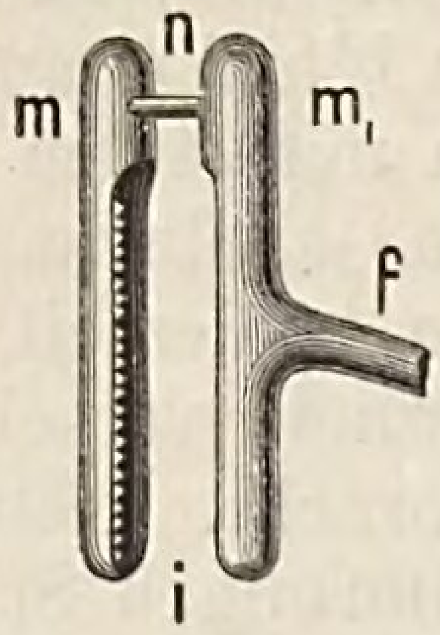


c). Dem Konduktor J; derselbe besteht aus der durch die Glassäule H gut isolierten messingenen Hohlkugel J.

d). Der Saugvorrichtung; dieselbe besteht aus der halbkreisförmig gebogenen messingenen Röhre fg, die mittels eines mit einem Gewind versehenen Stiftes in einer horizontalen Durchbohrung des Konduktors J durch eine auf dem Gewind des Stiftes aufgeschraubte kugelförmige Schraubmutter h befestigt ist und um diesen Stift gedreht werden kann; an den Enden dieser halbkreisförmig gebogenen Messingröhre fg befinden sich die sogen. Sauger i und i_1. Jeder dieser Sauger i und i_1 besteht, wie die Figur 52 in grösserer Ansicht

zeigt, aus den zwei hohlen, beiderseits abgerundeten kleinen Messingcylindern m und m_1, welche teilweise, wie die Figur 52 zeigt, aufgeschnitten sind und an den inneren, hierdurch offenen Flächen feine hervorragende Spitzen enthalten und welche durch das cylindrische Stäbchen n verbunden sind. Da sich zwischen den aufgeschnittenen Cylindern m und m_1 die Scheibe bewegt, so sind die erwähnten Spitzen der Scheibe zugekehrt und bilden somit die eigentlichen Einsauger der auf der Scheibe erregten Elektricität.

Figur 52.



e). Der Vorrichtung zur Ableitung der Elektricität des Reibzeugs; dieselbe besteht in folgendem: an der Axe ab ist mittels eines Messingrings der Messingbogen mW so angebracht, dass die Enden des Bogens sich direkt bei den Federn d und d_1, bezw. in der Nähe der an denselben befestigten Reibkissen befinden; an den Enden des Bogens sind ferner hohle Halbcylinder angebracht, welche an den äusseren Seiten der Federn anliegen. Die auf den Reibkissen sich ansammelnde Elektricität kann somit von den Reibkissen über die auf deren Rückseite befindliche Metallbelegung, von da über die Metallfedern, über die soeben erwähnten hohlen Halbcylindern, über den Metallbogen mW, über die Stahlaxe und von da über die erwähnte leitende Holzsäule B oder über eine angehängte Metallkette in den Erdboden abgeleitet werden.

f). Der Vorrichtung zur Verhinderung der Elektricitätszerstreuung in die Luft; dieselbe besteht wie bei der *Winter*schen Maschine aus Wachstaffetstücken, die über dem Rand der Scheibe zusammengenäht sind und so auf dem Rand der Scheibe ruhend die Teile der Glasscheibe zwischen den Saugern und den Reibzeugen bedecken. Verstärkungs- und Ableitungsvorrichtung des Konduktors J können auch hier wie bei der *Winter*schen Maschine angebracht werden.

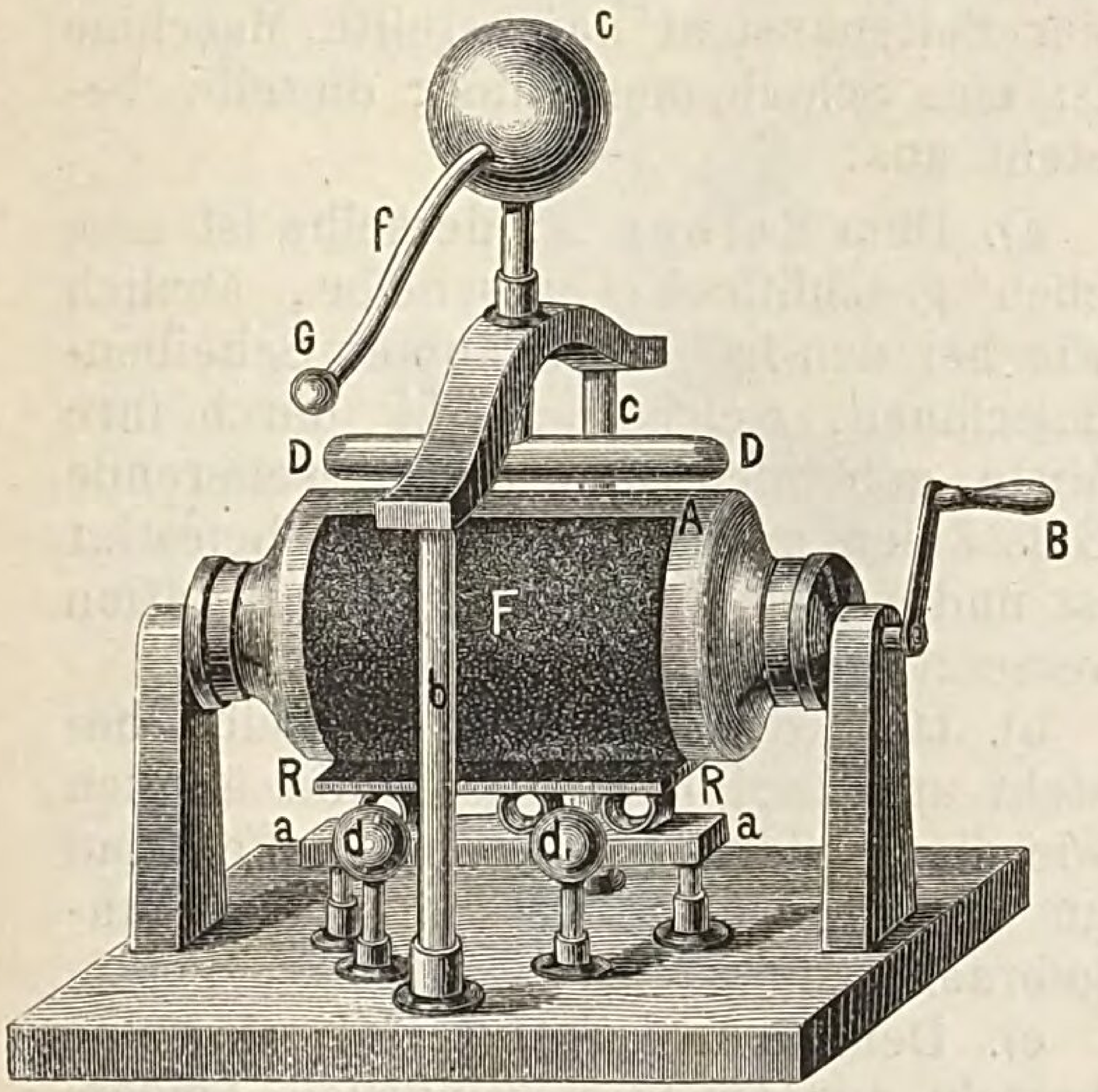
3). Die von *Grüel* in Berlin konstruierte Elektrisiermaschine.

Diese durch die Figur 53 dargestellte

Maschine ist eine Cylindermaschine; dieselbe besteht aus:

a). Dem Reiber A; derselbe besteht aus einem Glascylinder, der entweder seine natürliche oder eine cylindrisch abgeschliffene Oberfläche hat und um eine durch seine Axe gehende Holzwelle, welche in zwei Holzsäulen ruht, mittels der Kurbel B um seine Axe gedreht werden kann.

Figur 53.



b). Dem Reibzeug RR; dasselbe besteht aus einem einzigen Kissen, welches den Cylinder fast seiner ganzen Länge nach bedeckt und welches auf drei, auf dem isolierten Tischchen aa befestigten hohlen Cylindern, die etwas zusammengedrückt werden können und so dem Druck des Reibers nachgeben, ruht (siehe Erklärung 274).

c). Dem Konduktor C; derselbe besteht aus einer messingenen Kugel, die mit der Saugvorrichtung DD in leitender Verbindung steht und durch die Glassäulen b und c, wie die Figur 53 zeigt, isoliert getragen wird.

d). Der Saugvorrichtung DD; dieselbe besteht aus einem beiderseits halbkugelförmig abgerundeten Metallcylinder, dem das Reibzeug RR diametral gegenübersteht und welcher auf der dem Reiber A zugekehrten Seite aufgeschlitzt ist und daselbst die Saugspitzen enthält, ähnlich wie die Figur 52 zeigt.

e). Der Vorrichtung zur Ableitung der Elektricität des Reibzeugs; dieselbe besteht aus den zwei kleinen isolierten kugelförmigen Konduktoren d und d_1, die mit dem Reibzeug RR in leitender Verbindung stehen und auf welchen sich ähnlich wie bei der *Winter*schen Maschine die Elektricität des Reibzeugs ansammelt und von da abgeleitet werden kann.

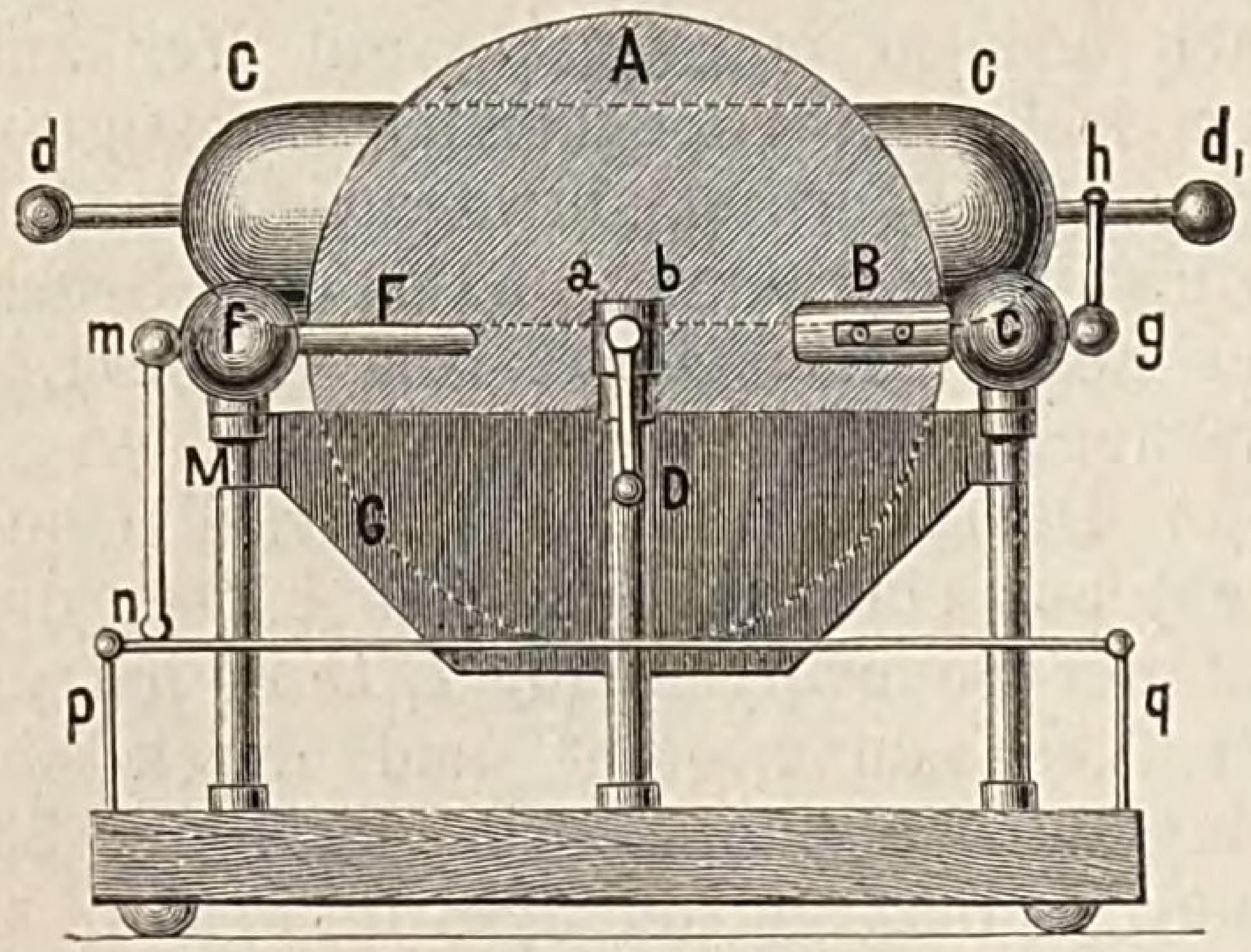
Erkl. 274. Bei ungleicher Oberfläche des Glascylinders, bezw. des Reibers einer Cylindermaschine muss das Reibzeug breiter sein als bei geschliffener Oberfläche.

f). Der Vorrichtung zur Verhinderung der Elektricitätszerstreuung in die Luft; dieselbe besteht aus einem an dem Reibzeug RR befestigten Stück Wachstaffet F, welches die eine Hälfte des cylinderförmigen Reibers R bedeckt.

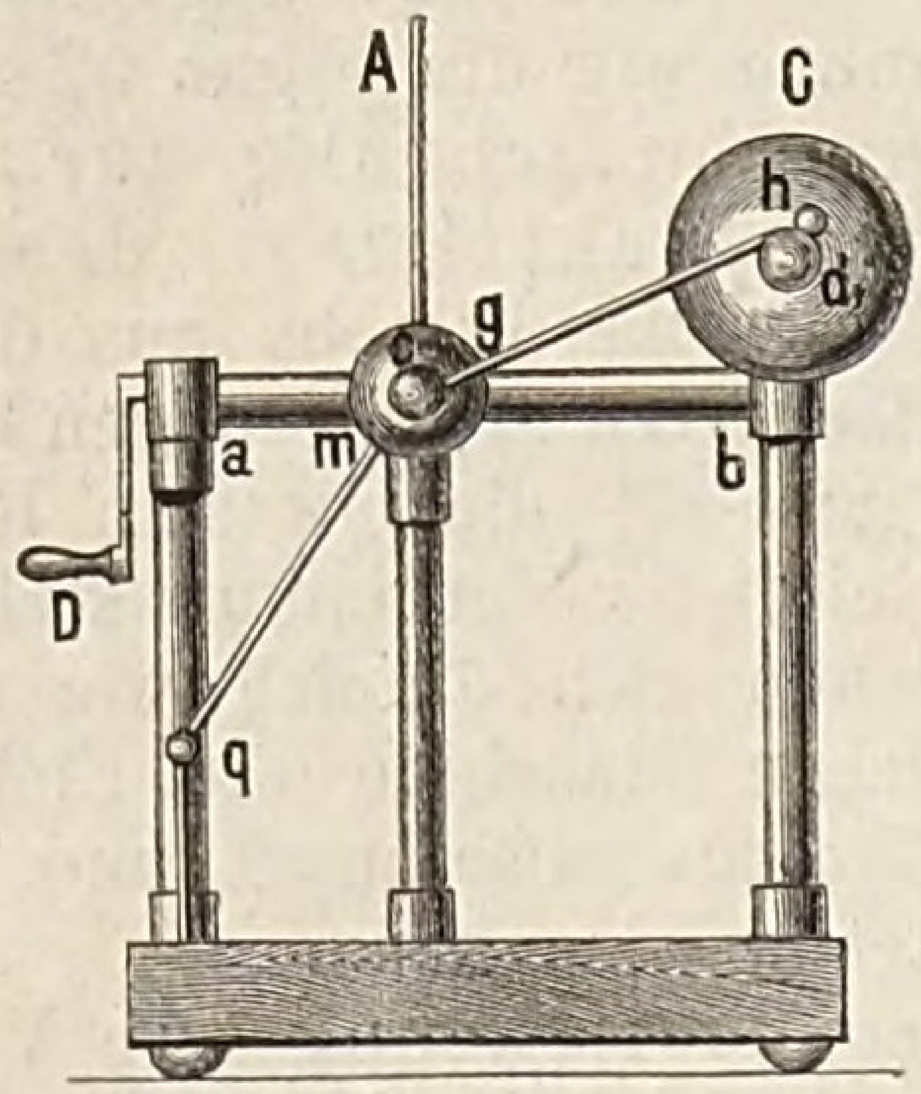
g). Der Vorrichtung zur Ableitung der Elektricität des Konduk-

Erkl. 275. Wie sich aus nebenstehenden Beschreibungen einiger Elektrisiermaschinen ergibt, sind die Cylindermaschinen ihrer Konstruktion nach die einfachsten.

Figur 54.



Figur 55.



tors C; dieselbe besteht aus der gebogenen, an dem Konduktor C befestigten Metallröhre f, die in die kleine Kugel G endigt, mit der auf bequeme Weise ein Leiter in Berührung gebracht werden kann (siehe Erkl. 275).

4). Die von *Riess* konstruierte Elektrisiermaschine.

Diese durch die Figur 54 in der Vorderansicht und durch die Figur 55 in der Seitenansicht dargestellte Maschine ist eine Scheibenmaschine; dieselbe besteht aus:

a). Dem Reiber A; derselbe ist eine eben geschliffene Glasscheibe, ähnlich wie bei den früher erwähnten Scheibenmaschinen, welche auf der durch ihre Mitte gehenden und durch isolierende Glassäulen getragenen Axe ab befestigt ist und mittels der Kurbel D in Rotation versetzt werden kann.

b). Dem Reibzeug B; dasselbe besteht aus zwei Reibkissen, die ähnlich wie die in der Figur 51 beschaffen und an der isolierten Messingkugel c angebracht sind.

c). Dem Konduktor CC; derselbe besteht aus einem messingenen, beiderseits halbkugelförmig abgerundeten Hohlcylinder, an dessen Enden cylindrische Verlängerungen mit den kleineren Kugeln d und d_1 angebracht sind.

d). Der Saugvorrichtung; dieselbe befindet sich dem Reibzeug diametral gegenüber, ist an der isolierten Messingkugel f angebracht und in ähnlicher Weise eingerichtet wie die in der Figur 52 dargestellte Saugvorrichtung.

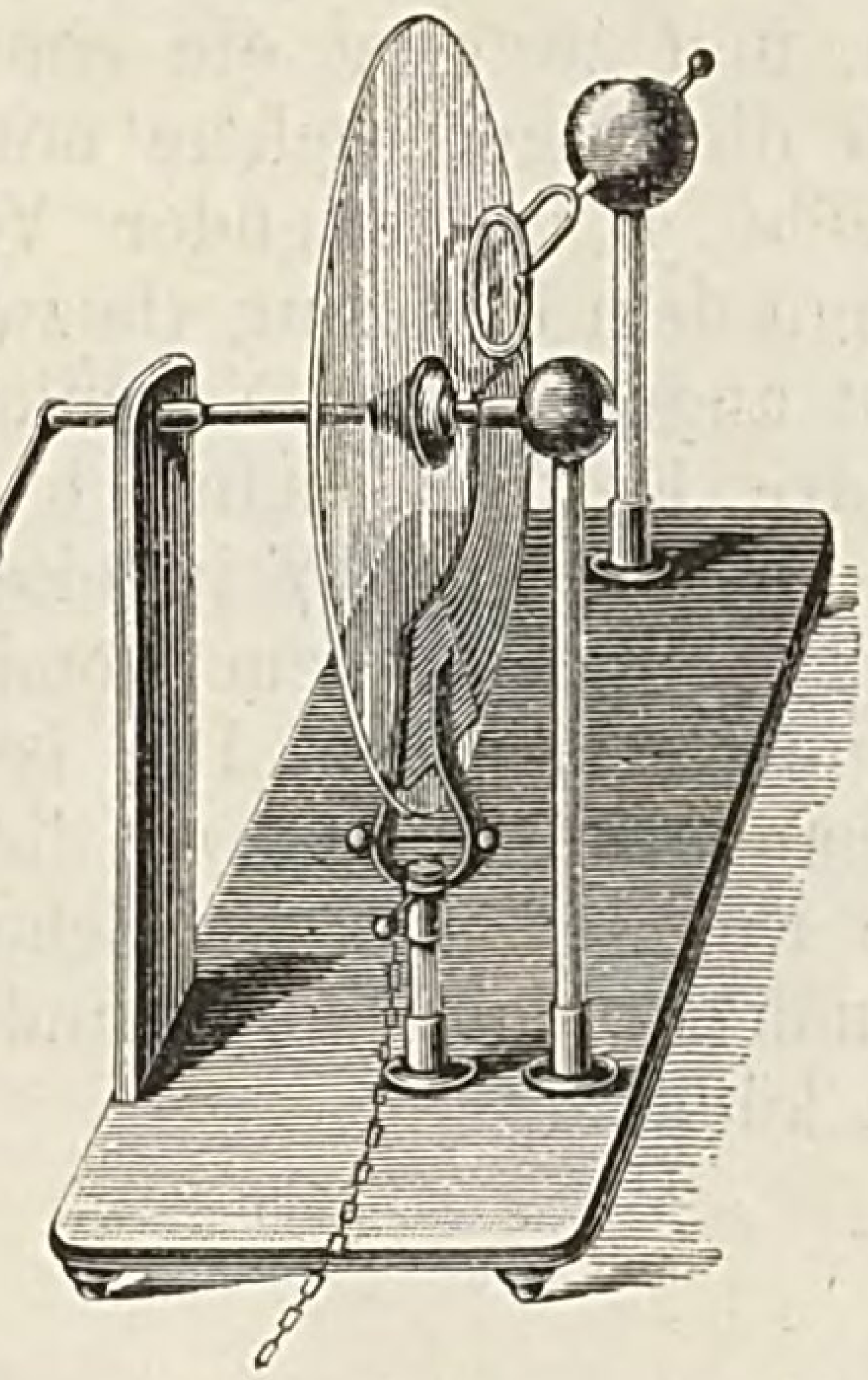
e). Der Vorrichtung zur Ableitung der Elektricität des Reibzeugs B, bezw. zur Ableitung der Elektricität des Saugers F; diese Vorrichtung besteht aus den beiden an den Kugeln c und f befestigten, aber in denselben drehbaren metallischen Armen gh und mn, die mit dem Konduktor CC und dem metallischen Gestell pq in Verbindung gebracht werden können. In der Lage dieser beiden Arme gh und mn, wie sie die Figuren 54 u. 55 zeigen, wird der Konduktor CC mit der

Elektricität des Reibzeugs B geladen, während das metallische Gestell pq mit der Elektricität des Saugers F geladen wird und welche von da weiter über die Erde abgeleitet wird. Werden die Arme gh und mn so gelegt, dass der Arm mn mit dem Konduktor CC, der Arm gh mit dem metallischen Gestell pq in leitender Verbindung steht, so findet das umgekehrte statt, der Konduktor CC wird mit der Elektricität des Saugers F, das metallische Gestell pq mit der Elektricität des Reibzeugs B geladen (siehe Erkl. 276).

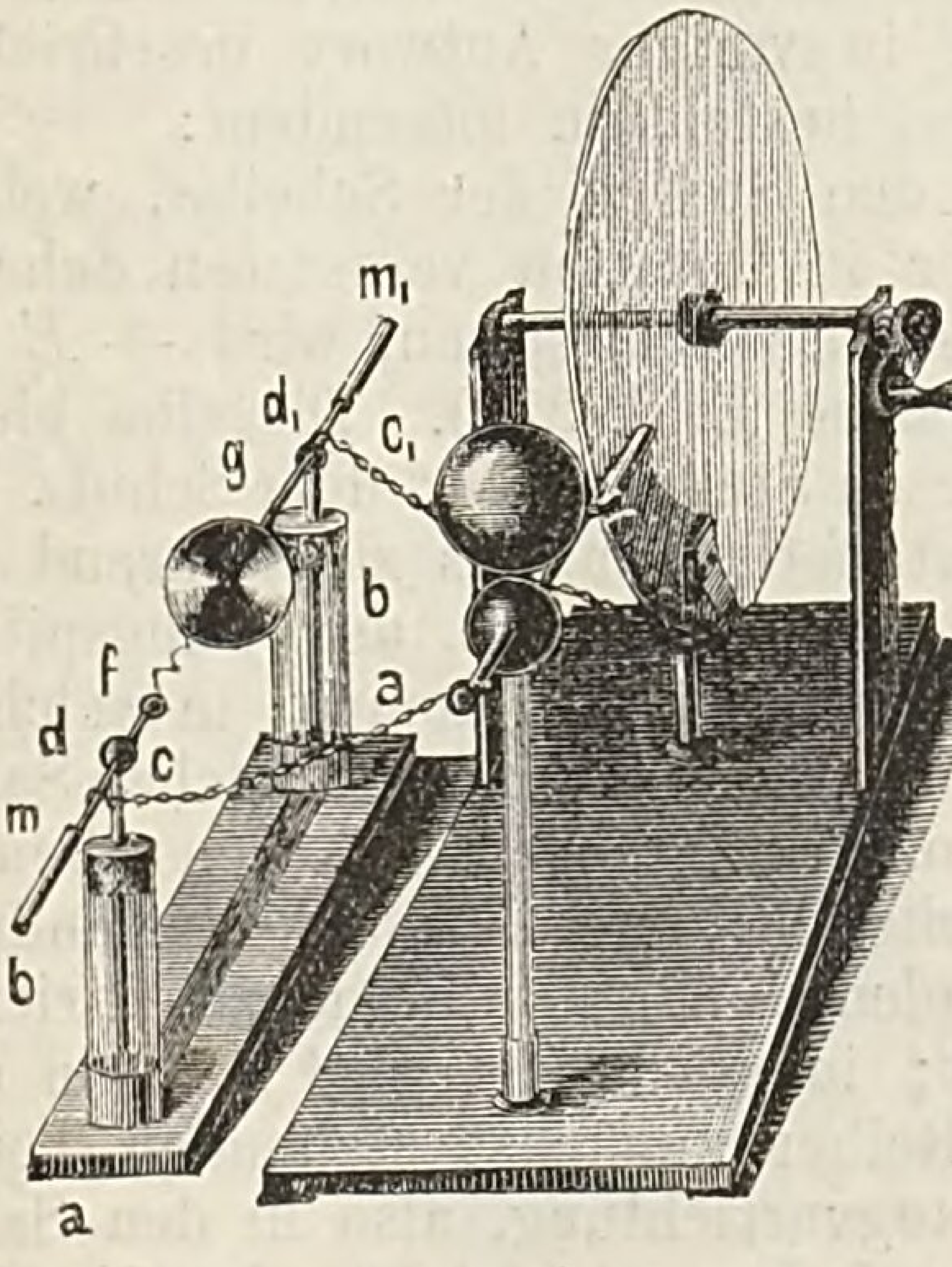
f). Der Vorrichtung zur Verhinderung der Zerstreuung der Elektricität in die Luft; dieselbe besteht aus Stücken Wachstaffet oder Seidezeug GG, welche an den die isolierten Kugeln f und c tragenden Säulen dicht bei der Scheibe A befestigt sind.

Erkl. 276. In der nebenstehend unter e). beschriebenen Ableitungsvorrichtung beruht hauptsächlich die Eigentümlichkeit der *Riess*schen Maschinen.

Figur 56.



Figur 57.



5). Die von *M. Wesselhöft* in Halle konstruierten Elektrisiermaschinen.

Diese durch die Figuren 56 und 57 dargestellten Maschinen sind ebenfalls Scheibenmaschinen. Die speziellen Einrichtungen derselben sind im allgemeinen analog den Einrichtungen der bisher beschriebenen Scheibenmaschinen, nur in etwas vereinfachter Form. Wie durch die Figuren ersichtlich ist, werden die Reibkissen durch eine metallische Feder an die Scheiben gedrückt.

Bei der durch die Figur 56 dargestellten Elektrisiermaschine besteht die Saugvorrichtung wie bei der *Winter*schen Maschine aus zwei Holzringen, während bei der durch die Figur 57 dargestellten Maschine die Saugvorrichtung ähnlich ist wie bei der Maschine von *van Marum*, siehe Figur 51.

Anstatt des bei der *Winter*schen Maschine auf den Konduktor aufzusteckenden Verstärkungsrings R, siehe Figur 44, konstruierte *Wesselhöft*, wie die Figur 57 zeigt, einen Verstärkungsapparat, welcher ähnlich dem Verstärkungsapparat ist, wie er bei den später beschriebenen Influenzmaschinen in Anwendung kommt. Dieser von *Wesselhöft* an seinen Ma-

schinen angebrachte Verstärkungsapparat besteht in folgendem:

Auf einem Grundbrett *aa* stehen die zwei Verstärkungsflaschen *bb* (siehe Erklärung 277) mit kurzer Stanniolbelegung. Die äusseren Belegungen dieser beiden Flaschen sind mittels der auf der Mitte des Brettes *aa* sichtbaren metallischen Leitung verbunden, die inneren Belegungen sind durch die Metallstangen d und d_1 und durch die Metallketten c und c_1 mit der Elektrisiermaschine verbunden, und zwar ist die eine Kette c_1, nämlich diejenige, welche mit der Metallscheibe g in leitender Verbindung steht, mit dem Reibzeug (bezw. mit dem daselbst angebrachten Nebenkonduktor), die andre Kette c, nämlich diejenige, welche mit der Kugel f in leitender Verbindung steht, mit dem Konduktor der Maschine verbunden. Die isolierenden Ebonithandgriffe m und m_1 dienen dazu, um die Kugel f und die Scheibe g beliebig nähern und von einander entfernen zu können.

Erkl. 277. Die ausführliche Beschreibung der Verstärkungsflaschen findet man in einem späteren Abschnitt.

Frage 106. Worin besteht der Vorgang bei der Elektricitätserregung mittels einer der in voriger Antwort beschriebenen Elektrisiermaschinen?

Antwort. Der Vorgang bei einer durch Umdrehung der Kurbel in Thätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine, wie solche in voriger Antwort beschrieben wurden, besteht in folgendem:

An den Stellen der Scheibe, welche bei der in Rotation versetzten Scheibe die Reibkissen passieren, wird $+E$ erregt (siehe Erkl. 278). Dieselbe bleibt an diesen Stellen unter dem Schutz der Wachstaffetlappen, bis sie während der Rotation des Reibers den Saugspitzen gegenüber zu stehen kommt, in welchem Augenblick sie in den metallischen Saugspitzen, bezw. in dem mit denselben in gut leitender (metallischer) Verbindung stehenden Konduktor Influenzelektricität erregt; infolgedessen wird sich in den dem Reiber zunächst stehenden Teilen der Saugvorrichtung, also in den Saugspitzen Influenzelektricität der 1^{ten} Art, nämlich $-E$, in den der Scheibe entfernteren Teilen der Saugvorrichtung, also

Erkl. 278. Bei solchen Maschinen, deren Reiber nicht aus Glas, sondern aus Ebonit (Harz) besteht und deren Reibzeug nicht mit Amalgam, sondern mit Mussivgold (siehe Erklärung 266) bestrichen wird, ist der in nebenstehender Antwort erwähnte Vorgang im allgemeinen derselbe, nur bleibt zu beachten, dass auf dem Reiber $-E$ erregt wird und dass sich auf dem Reibzeug (bezw. auf dem Nebenkonduktor) $+E$ und auf dem Konduktor der Maschine $-E$ ansammelt.

Erkl. 279. Aus nebenstehender Antwort lässt sich auch die Thatsache erklären, dass die Wirksamkeit einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine aufhört, wenn die auf dem Konduktor sich ansammelnde Elektricität eine gewisse Dichtigkeit erreicht hat und nicht entfernt, bezw. nicht abgeleitet wird.

Wird nämlich die Dichtigkeit der auf dem Konduktor sich ansammelnden $+E$ so gross, dass, wenn die den Spitzen gegenüberstehende Scheibe als unelektrisch gedacht wird, eine Vermehrung dieser $+E$ ein Ausströmen derselben aus den Spitzen der Aufsauger zur Folge

hat, so kann die Elektricität der Scheibe auf die Spitzen nicht mehr so influenzierend wirken, dass ein Ausströmen von $-E$ eintritt. Wird dann aber von dem Konduktor durch Zerstreuung in die Luft oder zu irgend welchem weiteren Gebrauch, zum Experimentieren etc. Elektricität fortgenommen, bezw. abgeleitet, so wird bei fortgesetzter Drehung der Scheibe diese stets wieder ersetzt. Man sagt deshalb auch:

Bei fortgesetzter Drehung des Reibers einer Elektrisiermaschine und steter Ableitung der Elektricität des Konduktors ist der Konduktor der Elektrisiermaschine eine stetige Quelle der positiven Elektricität (bei Maschinen, deren Reiber aus Ebonit bestehen, eine stetige Quelle von negativer Elektricität (siehe Erkl. 278).

Erkl. 280. Bei Scheibenelektrisiermaschinen, die zwei Reibkissen, aber nur auf einer Seite des Reibers Saugspitzen haben, wie solche früher zu Sprengzwecken benutzt wurden, wird fast dieselbe Quantität Elektricität geliefert wie bei Maschinen mit zwei Saugern und einem Reibzeug, was sich wie folgt erklären lässt:

Die beiden geriebenen Seiten der Scheibe wirken verteilend auf die einzelnen Saugspitzen, und zwar wirkt die den Spitzen entferntere Seite der Scheibe etwas weniger kräftig als die andre Seite der Scheibe, welche den Saugspitzen etwas näher steht. Da dieser Unterschied jedoch kein grosser sein kann, so darf angenommen werden, dass die Wirkung der Scheibe auf den einzelnen Sauger eine doppelte ist, und dass infolgedessen auch eine doppelt so grosse Menge $-E$ aus den Spitzen des Saugers auf die demselben zugekehrte Seite der Scheibe strömt; ein Teil dieser $-E$ wird sich mit der auf dieser Seite der Scheibe befindlichen $+E$ neutralisieren, während ein andrer Teil jener $-E$ die auf der andern Seite der Scheibe befindliche $+E$ bindet. Die Teile der Scheibe, welche den Sauger passiert haben, enthalten somit auf der einen Seite $+E$, auf der andern Seite $-E$, und in diesem Zustand gelangen sie wieder zum Reibzeug, wo sich der Vorgang von neuem wiederholt.

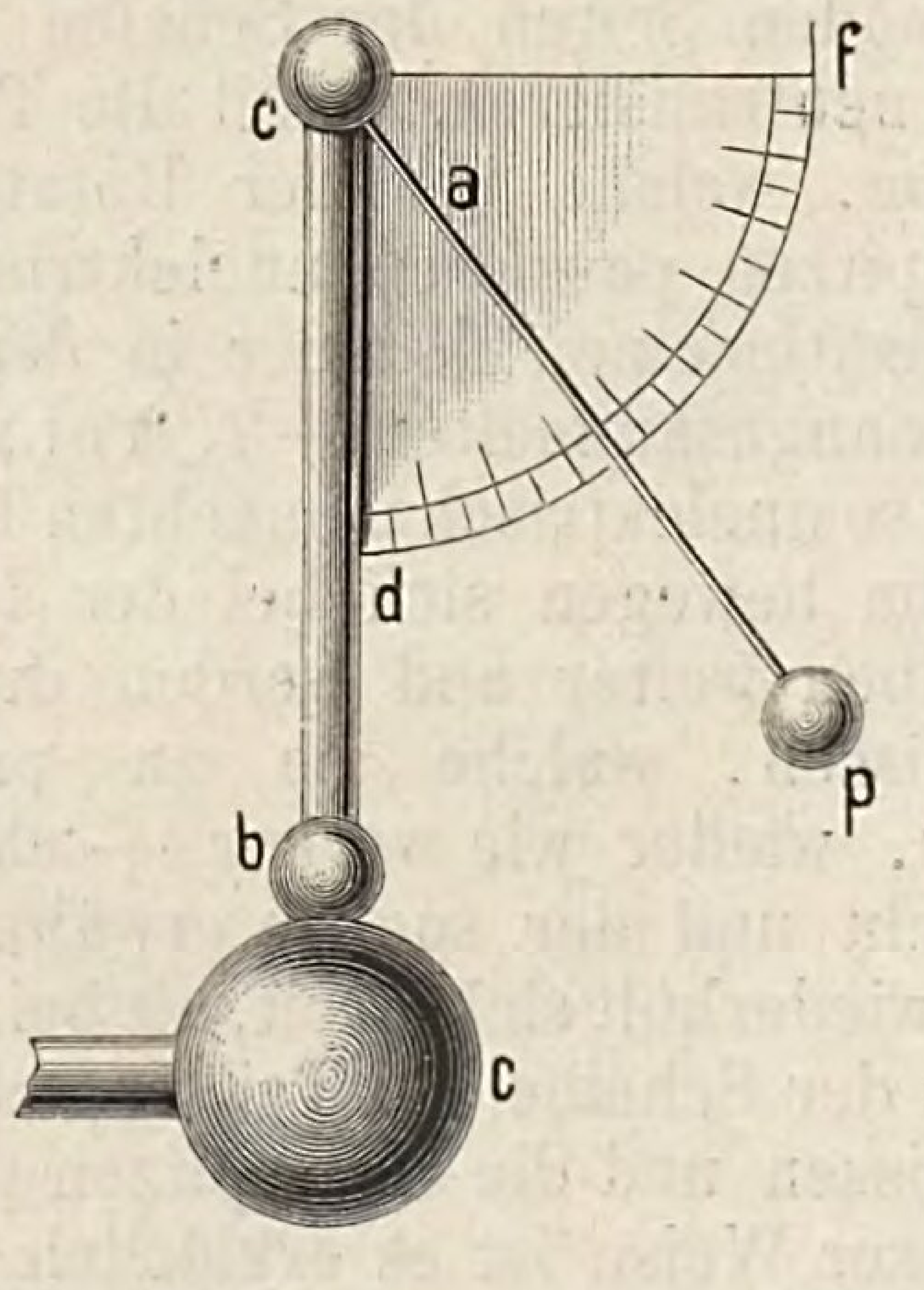
Erkl. 281. Hat eine Elektrisiermaschine nur ein Reibkissen und eine Saugvorrichtung mit zwei Saugkämmen auf beiden Seiten der Scheibe, so liefert sie weniger Elektricität als eine gleiche Maschine mit zwei Reibkissen.

Erkl. 282. Hat eine Elektrisiermaschine nur ein Reibkissen und eine Saugvorrichtung mit nur einem Saugkamm, wie z. B. die Cylindermaschinen, und steht die Seite der Scheibe, welche kein Reibkissen passiert, also nicht gerieben wird, in gut leitender Verbindung mit der Erde, weil sie z. B. feucht ist, so findet fast gar keine Elektricitätserregung statt.

in dem Konduktor selbst Influenzelektricität der 2ten Art, nämlich $+E$ ansammelt. Die in den Saugern, bezw. in deren Spitzen sich ansammelnde Influenzelektricität der 1ten Art, also jene $-E$, wird zum Teil aus den Saugspitzen in die Scheibe überströmen und die auf den beiden Seiten der Scheibe erregte $+E$ neutralisieren, somit die Teile der Scheibe, welche bei der Rotation die Saugspitzen passieren unelektrisch und gleichzeitig einen Teil der in dem Konduktor angesammelten $+E$ frei machen. Diese so unelektrisch gemachten Teile der Scheibe bewegen sich bei der Rotation derselben weiter und werden durch die Reibkissen, welche sie zu passieren haben, wieder wie vorher $+$ elektrisch gemacht und der soeben erwähnte Vorgang wiederholt sich so oft, als bei der Rotation der Scheibe ein Teil derselben die Reibkissen und die Saugspitzen passiert. In dieser Weise ist es erklärlich, warum sich durch Rotation der Scheibe auf dem Konduktor Elektricität ansammelt, welche mit der auf der geriebenen Scheibe sich stets ansammelnden gleichnamig ist, indem diese Elektricität keine andre als die durch jene $+E$ hervorgerufene Influenzelektricität der 2ten Art ($+E$) ist.

Frage 107. Mittels welcher Vorrichtung kann man sich über die Stärke der Ladung des Konduktors einer Elektrisiermaschine Aufschluss verschaffen?

Figur 58.



Erkl. 283. Der Henleysche Quadrantenelektrometer, siehe Figur 58, ist ein elektrischer Pendel, bestehend aus einem Stück leichten Fischbeins oder einem Strohhalm *a* und aus einem leichten Pflanzenmarkkügelchen *p*, welches mittels eines Charniers an einem gut leitenden Metallstäbchen *bc*, das einen in Grade eingeteilten Viertelkreis *df* (Quadranten) oder auch einen Halbkreis von Elfenbein oder trockenem Holz trägt, befestigt ist. Das Metallstäbchen ist an beiden Enden kugelförmig abgerundet und kann mittels eines Stiftes auf den Konduktor einer Elektrisiermaschine gesteckt werden, wie die Figur 58 zeigt, oder es kann mittels jenes Stiftes auf eine Platte gesteckt werden. (Siehe den Abschnitt: Ueber die Apparate zur Erkennung und Messung der Elektricität.)

Erkl. 284. Ausführliches über die Messung der elektrischen Ladungen findet man im 2. Teil dieses Lehrbuchs.

Erkl. 285. Mittels der in nebenstehender Antwort erwähnten Vorrichtung, bezw. mittels des Henleyschen Quadrantenelektrometers (s. Erkl. 283) kann man leicht nachweisen, dass bei feuchtem Wetter der Elektricitätsverlust viel grösser ist als bei trockenem Wetter, indem der Konduktor keine so starke Ladung annimmt.

Antwort. Um sich über die Stärke der Ladung des Konduktors einer Elektrisiermaschine Aufschluss zu verschaffen, setzt man, siehe Figur 58, den Henleyschen Quadrantenelektrometer (siehe Erkl. 283) auf den Konduktor. Je stärker nämlich die Ladung des Konduktors wird, desto stärker wird das Pflanzenmarkkügelchen abgestossen und man kann an dem Quadranten die Grösse der Abstossung und hiermit auch einigermassen die Grösse der elektrischen Ladung des Konduktors beurteilen. Hierbei muss bemerkt werden, dass man sich durch die Ablesung der an dem Quadranten angebrachten Gradeinteilung nur ein ungefähres Urteil in bezug auf die Grösse der elektrischen Ladung des Konduktors bilden kann, indem die Stärke der elektrischen Ladung durchaus nicht proportional dem Bogen ist, welchen das Pendelchen des Elektrometers an dem Quadranten beschreibt (siehe Erkl. 284).

Beim Drehen der Kurbel steigt das Pendelchen an dem Gradbogen sehr rasch und nimmt bald eine konstante Stellung ein, eine Stellung, die trotz fortgesetztem Drehen der Maschine sich nicht ändert. Man kann im allgemeinen hieraus den Schluss ziehen, dass trotz der steten Elektricitätsentwicklung der sogen. elektrischen Spannung auf dem Konduktor eine unübersteigbare Grenze gesetzt ist. Erklären kann man dies dadurch, dass, abgesehen von der Zerstreuung der Elektricität in die umgebende Luft, auch die besten Isolatoren, welche zur Isolation des Konduktors verwendet werden, bei einer gewissen elektrischen Spannung der auf dem Konduktor angesammelten Elektricität jede weitere sich ansammelnde Elektricität über die Erde ableiten (siehe auch die Erkl. 279). Diese höchstmögliche elektrische Spannung wird in dem Augenblick erreicht, nach welchem in jedem weiteren Zeitteilchen dieselbe Elektricitätsmenge verloren geht, welche dem Konduktor bei weiterer Thätigkeit der Maschine zugeführt wird (siehe Erkl. 285).

Frage 108. Wovon ist die Wirksamkeit einer Elektrisiermaschine besonders abhängig und welche Folgerungen lassen sich aus der gemachten Aussage in bezug auf den Bau von Elektrisiermaschinen schliessen?

Antwort. Die Wirksamkeit einer Elektrisiermaschine, bezw. die Menge der in dem Konduktor sich ansammelnden Elektricität ist abhängig von der Isolation der einzelnen Teile, von der Elektrisierung der Oberfläche des Reibers durch das Reibzeug, von der Fortführung der Elektricität zu der Saugvorrichtung und von der Wirkung der Einsauger; deshalb ist bei dem Bau von Elektrisiermaschinen folgendes zu beachten:

1). Die Glasscheiben müssen von möglichst gut isolierendem Glase sein (siehe Erkl. 286 und 287).

2). Damit die isolierenden Glassäulen so viel als möglich als Isolatoren ihren Zwecken entsprechen, müssen dieselben mit Bernsteinfirnis, Schellackfirnis oder sonst einer andern gut isolierenden, die Feuchtigkeit nicht aufnehmenden Substanz überzogen werden (siehe Erkl. 288).

3). Damit die auf dem Konduktor einer Elektrisiermaschine sich anhäufende Elektricität möglichst wenig auf die (isolierende) Tragsäule übergehen kann, so ist es zweckmässig, da wo die Säule den Konduktor aufnimmt, wie die Figur 12 zeigt, den Konduktor e i n z u z i e h e n (siehe Erkl. 289).

4). Alle Spitzen, Ecken und scharfen Kanten, selbst an dem Untergestell müssen vermieden werden.

5). Alles Holz soll möglichst gut poliert sein, damit sich Staub und Feuchtigkeit leicht entfernen lassen und kleinere Erhöhungen und Unebenheiten vermieden werden (siehe die Erkl. 288 u. 290).

6). Was die Konstruktion einer Elektrisiermaschine im übrigen anbetrifft, so hat man zu berücksichtigen, dass unter sonst günstigen Verhältnissen im allgemeinen die in der Zeiteinheit erhaltene Elektricitätsmenge in geradem Verhältnis zur geriebenen Fläche, bezw. in geradem Verhältnis zur Oberfläche des Reibers, der Zahl der Umdrehungen, der Zahl und Grösse der Reibkissen steht (siehe Erkl. 291).

Erkl. 286. Frische Scheiben sind im allgemeinen viel schlechter als solche, welche schon längere Zeit gebraucht sind, da eine frische Glasoberfläche viel hygroskopischer ist, d. h. mehr Wasser aus der Luft aufnimmt, als eine abgeriebene Glasscheibe (siehe Erkl. 287).

Erkl. 287. Bei Herstellung der Reiber von Glas ist das belgische Glas, das sogen. Natronglas, trotz seines schönen Aussehens erfahrungsgemäss nicht zu empfehlen, da es sehr leicht verwittert.

Erkl. 288. Bei neueren Maschinen wird oft der Konduktor durch Säulen isoliert, die aus sauber poliertem, gut getrocknetem Holz bestehen.

Erkl. 289. Das sogen. Einziehen der Konduktoren an den Stellen, wo sie von der isolierenden Stütze getragen werden, wurde von *van Marum* bei den bekannten grossen Harlemer Maschinen mit ausgezeichnetem Erfolg angewandt.

Erkl. 290. Scheiben als Reiber sind den Cylindern vorzuziehen, indem bei letzteren die Reibung wegen der selten ganz regelmässigen Cylinderform nicht so gleichmässig erfolgt, wie dies bei Scheibenmaschinen der Fall ist.

Erkl. 291. Früher brachte man mehrere Reibzeuge an einer Elektrisiermaschine an; da jedoch durch viele Reibzeuge der Ladung des Konduktors bald eine Grenze gesetzt wird, so empfiehlt es sich, bei grösseren Scheiben höchstens z w e i Reibzeuge, bei kleineren Scheiben aber nur e i n Reibzeug zur Anwendung zu bringen (siehe Erkl. 295).

Frage 109. Wie verfährt man bei dem Gebrauch einer Elektrisiermaschine, um die Wirksamkeit der Maschine möglichst hoch zu halten?

Antwort. Bei dem Gebrauch einer Elektrisiermaschine, wobei die Wirksamkeit möglichst hoch gehalten werden soll, beachte man folgendes:

1). Die Federn, durch welche die Reibkissen an dem Reiber angedrückt werden, müssen so gestellt sein, dass die Reibung eine innige, aber keine zu starke wird.

2). Die Drehung der Kurbel hat stets im Sinne der Uhrzeigerbewegung zu erfolgen, wobei ein Zurückgleiten möglichst vermieden werden soll.

3). Der Reiber muss bei längerem Gebrauch mit Schwefeläther und Alkohol abgewaschen werden, da sich mit der Zeit Teilchen des Amalgams, mit welchem die Reibkissen bestrichen sind, festsetzen (siehe Erkl. 292).

4). Vor jedem Gebrauch müssen alle Teile der Elektrisiermaschine von Feuchtigkeit und Staub befreit werden, was am besten durch Abreiben mit warmen Tüchern geschieht; besonders bei feuchtem Wetter und bei Gegenwart vieler Personen, durch welche sich viel Feuchtigkeit in die umgebende Luft durch das Atmen verbreitet, ist hierauf grosse Sorgfalt zu verwenden. Damit Glas nicht hygroskopisch wird, d. h. damit es nicht so viel Feuchtigkeit aus der Luft anzieht, ist es gut, dasselbe mit einer dünnen Schicht von Knochenöl oder von Talg zu überziehen. Letzteres erreicht man bei der Scheibe einer Elektrisiermaschine dadurch, dass man mit einem Stück Talg einen Strich auf die Scheibe macht und dieselbe dreht.

Erkl. 292. Bei Elektrisiermaschinen, deren Reiber aus Ebonit bestehen, bildet sich durch Oxydation des in dem Ebonit enthaltenen Schwefels Schwefelsäure, infolgedessen nehmen auch derartige Reiber Feuchtigkeit aus der Luft auf, die man durch trockenes Reiben und durch Reiben mit Magnesia beseitigen kann.

Frage 110. Wodurch beurteilt man im allgemeinen die Stärke einer Elektrisiermaschine?

Antwort. Wie in Antw. der Frage 107 und in der Erkl. 279 erwähnt, hat die elektrische Ladung des Konduktors einer Elektrisiermaschine eine bestimmte Grenze, welche bei den im übrigen günstigsten Verhältnissen durch schnelleres Umdrehen der Maschine etc. nicht überschritten werden kann; diese Grenze ist bei jeder Maschine eine andre, somit zeigt auch jede Maschine eine andre Stärke. Zur vergleichenden Beurteilung

Erkl. 293. Eine gutgebaute Maschine wird unter den günstigsten Verhältnissen eine Funkenlänge von $^2/_3$ ihres Scheibendurchmessers ergeben.

Erkl. 294. Zur Vergrösserung der Funkenlänge ist, wie in Antwort der Frage 105 erwähnt, fast an jeder Maschine ein kleiner, eng an dem Konduktor anliegender Knopf oder eine kleine Kugel angebracht, welche an einem in dem Konduktor steckenden Metallstift, der aus- und eingeschoben werden kann, befestigt ist.

Erkl. 295. Die Länge des elektrischen Funkens, welcher mittels einer Elektrisiermaschine erhalten wird, ist erfahrungsgemäss ganz besonders abhängig von dem Abstand zwischen Reibzeug und dem Sauger; deshalb geben solche Maschinen, in welchen Reibzeug und Sauger diametral gegenüberstehen, also solche Maschinen, welche nur ein Reibzeug und eine Saugvorrichtung enthalten, längere Funken als solche Maschinen von gleichem Scheibendurchmesser, welche, wie z. B. die Maschine von *van Marum*, zwei Reibzeuge und zwei Saugvorrichtungen enthalten.

der Stärke von Elektrisiermaschinen dient die Stärke und die Länge der elektrischen Funken, die unter sonst gleichen Verhältnissen mittels mehrerer Maschinen erzielt werden (siehe die Erkl. 293—295).

Frage 111. Wie kann man den Konduktor einer Elektrisiermaschine von der durch die Figur 51 dargestellten Form mit der Elektricität laden, welche der auf der Scheibe erregten Elektricität entgegengesetzt ist?

Erkl. 296. Wie schon in Antw. der Frage 105 erwähnt, gibt es Maschinen, bei welchen das Reibzeug isoliert und mit einem zweiten, dem sogen. Nebenkonduktor (negativen Konduktor) verbunden ist; bei diesen Maschinen ist stets der eine Konduktor mit $+E$, der andre mit $-E$ geladen. Je nachdem man bei solchen Maschinen, siehe die Figur 44, mit $-E$ oder $+E$ experimentieren will, hat man dementsprechend nur den positiven oder negativen Konduktor mit der Erde in leitende Verbindung zu setzen und somit die $+E$, bezw. die $-E$ abzuleiten.

Ist ein solcher Nebenkonduktor an dem Reibzeug nicht angebracht, wie z. B. bei den durch die Figuren 56 und 57 dargestellten Maschinen, so muss man, im Falle die Elektricität des Reibzeugs angesammelt werden soll, einen zweiten Konduktor aufstellen, der in leitende Verbindung mit dem Reibzeug gebracht wird; dann muss aber der Konduktor der Maschine (der Hauptkonduktor) mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt werden. In gleicher Weise muss man bei den gewöhnlichen Cylindermaschinen verfahren.

Antwort. Wie sich aus dem in Antwort der Frage 106 erwähnten Vorgang ergibt, wird der Konduktor der Elektrisiermaschine mit solcher Elektricität geladen, die mit der auf der Scheibe erregten Elektricität gleichnamig, also $+E$ ist. Will man nun den Konduktor einer Elektrisiermaschine von der durch die Figur 51 dargestellten Form mit solcher Elektricität laden, die mit der auf der Scheibe erregten Elektricität ungleichnamig, also $-E$ ist, so kann man dies durch Verstellung der metallischen Bogen wie folgt ausführen:

Man stelle den mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Metallbogen mW vertikal, anstatt wie die Figur 51 zeigt horizontal, infolgedessen wird die bei Rotation der Scheibe erregte Elektricität, welche sich auf der dem Bogen mW zugekehrten Seite der Scheibe ansammelt, durch die an dem Bogen angebrachten Sauger auf die Erde abgeleitet. Ferner stelle man den Metallbogen fg mit den Saugern i und i_1, nachdem vorher die Hälften derselben weggenommen wurden, so, dass die Sauger die Reibkissen berühren, wie es vorher die an dem Metallbogen mW angebrachten Sauger thaten. Die auf den Reibkissen sich ansammelnde $-E$ wird hierdurch über den Metallbogen fg in den Konduktor geleitet.

Der hierbei sich abwickelnde Vorgang ist ein andrer, als wie er in Antwort der Frage 106 beschrieben ist. Da nämlich die an dem Bogen fg angebrachten Sauger in direkte Berührung mit den

Reibkissen zu stehen kommen und letztere ihre Lage zur Glasscheibe beibehalten, so passieren während der Rotation der Scheibe die Reibkissen, bezw. die mit ihnen in Verbindung stehende Sauger solche Stellen der Scheibe, die nicht elektrisiert sind; infolgedessen wird die negative Elektricität, welche sich auf dem Konduktor ansammelt, nie in so grosser Menge auftreten, als dies bei dem in Antwort der Frage 106 angeführten Gebrauch der Elektrisiermaschine für positive Elektricität der Fall ist (siehe die Erkl. 296).

c). Die Dampfelektrisiermaschine.

(Hydroelektrische Maschine.)

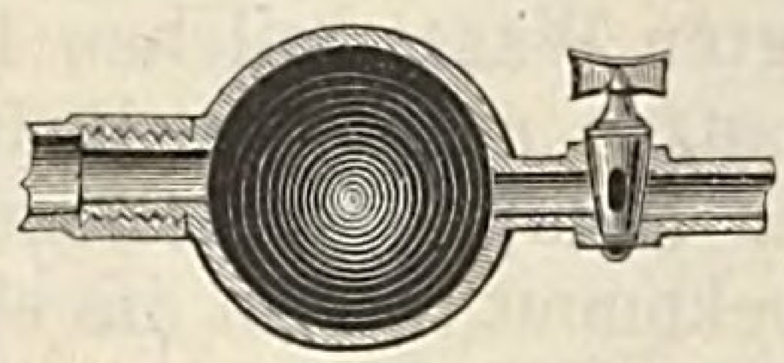
Frage 112. Welches war die Ursache, die zur Erfindung der Dampfelektrisiermaschine führte?

Antwort. Ein Maschinenwärter zu Seghill bei Newcastle in Nordengland erhielt im Jahr 1840, als er zufälligerweise mit der einen Hand den Dampfkessel der von ihm bedienten Dampfmaschine berührte und mit der andern Hand das Sicherheitsventil fasste, um die Belastung desselben zu regulieren, da der Kessel unweit des Sicherheitsventils undicht geworden war, einen heftigen elektrischen Schlag. Der englische Ingenieur *Armstrong*, welcher hiervon benachrichtigt wurde, stellte durch verschiedene von *Pattinson* bestätigte Versuche fest, dass der aus dem Ventil ausströmende Dampf positiv elektrisch, das Metall des Dampfkessels negativ elektrisch war und dass jener Maschinenwärter mit seinem Körper zufälligerweise eine leitende Verbindung zwischen jenen entgegengesetzten Elektricitäten hergestellt hatte und infolgedessen den elektrischen Schlag erhielt. Dies war die Ursache, welche *Armstrong* zur Konstruktion der Dampfelektrisiermaschine oder, wie *Armstrong* sie nennt, der Hydroelektrisiermaschine führte.

Erkl. 297. Mit dem Namen Hydroelektrisch (vom griech. Hydor, das Wasser) bezeichnet man elektrische Flüssigkeiten oder Dämpfe, bezw. elektrische Körper, welche durch Flüssigkeit elektrisch wurden.

Frage 113. Zu welchen allgemeinen Resultaten führten die Versuche, welche zur Erklärung des Vorgangs der in voriger Antwort erwähnten elektrischen Erscheinung gemacht wurden?

Figur 59.



Erkl. 298. Die nebenstehend unter 1). erwähnte Aussage bewies *Faraday* wie folgt:

Er befestigte an einem kleinen Dampfkessel eine in eine Kugel endigende Röhre, siehe Figur 59, an welcher die eine oder die andre Ausströmungsröhre angeschraubt werden konnte. Bestand diese Ausströmungsröhre aus Holz und stand der ausströmende Dampf unter dem Druck von 1,4 Atmosphären, so zeigte der Dampf keine Elektricität, wenn die Kugel sehr heiss war. War die Kugel nicht heiss, so zeigte der Dampf wenig Elektricität, die aber mit zunehmender Erwärmung der Kugel verschwand. Wurde hingegen die Kugel abgekühlt, so dass sich in der Kugel ein Teil des Wasserdampfes kondensieren konnte, dass also der ausströmende Dampf Wasserteilchen mit sich führte, so zeigte sich der ausströmende Dampf sehr stark + elektrisch, der Kessel selbst stark — elektrisch.

Erkl. 299. Um sich die Entstehung der atmosphärischen Elektricität erklären zu können, glaubte man durch die in voriger Antwort erwähnte Erscheinung ein Mittel gefunden zu haben. Man hatte deshalb mit ganz besonderer Vorliebe anfangs an der Hypothese festgehalten, dass die Erregung der Elektricität durch ausströmenden Wasserdampf seinen Grund in der Veränderung des Aggregatzustandes des Wassers, bezw. in der Dampfbildung und nachheriger Kondensation des Wassers zu suchen sei. Man nahm an, dass der ausströmende Dampf $+E$, das zurückbleibende Wasser $-E$ enthalte und suchte den Einwurf, welcher hiergegen gemacht wurde, dass beim Nichtausströmen des Dampfes der Kessel unelektrisch bleibe, dadurch zu begründen, dass die $+E$ des im Kessel enthaltenen Dampfes die $-E$ des im Kessel befindlichen Wassers neutralisieren. Diese Hypothese wurde jedoch durch die Versuche von *Armstrong* und *Faraday* widerlegt (siehe Erkl. 298).

Erkl. 300. Benutzt man, wie nebenstehend unter 4). angegeben ist, anstatt Terpentin andre und zwar fettere Oele, z. B. Speck, Olivenöl, Rizinusöl, Wallrat, Wachs etc., so zeigt sich dieselbe Erscheinung wie nebenstehend unter

Antwort. Zur Erklärung des Vorgangs, nach welchem die in voriger Antwort erwähnte elektrische Erscheinung stattfindet, wurden von *Armstrong, Pattinson* und *Faraday* viele grossartige Versuche mit den Dampfkesseln von Lokomotiven und Dampfmaschinen angestellt und verschiedene Hypothesen aufgestellt.

Die von jenen Männern angestellten Versuche führten zu folgenden allgemeinen Resultaten:

1). Die Erregung der Elektricität findet statt infolge der im ausströmenden Dampf enthaltenen Wasserteilchen, welche sich in der Mündung der Ausströmungsröhre reiben (siehe die Erkl. 298 und 299).

2). Wird die Dampfmündung, das ist die Ausströmungsmündung eines Dampfablasshahnens, durch einen festen Körper, z. B. durch eine Holz-, Glas- oder Metallröhre gebildet, so zeigt der ausströmende Dampf $+E$, der Kessel $-E$, und zwar zeigt der ausströmende Dampf am stärksten $+E$, wenn die Dampfmündung von einem Buxbaumröhrchen gebildet wurde.

3). Wird die Dampfmündung durch ein Elfenbein- oder Federkielröhrchen gebildet, so zeigt der Kessel wenig oder gar keine Elektricität.

4). Wird vor der Dampfmündung in die Ausströmungsröhre etwas Terpentinöl gebracht, so zeigt der Dampf $-E$, der Kessel $+E$; ist jedoch alles Terpentinöl durch den ausströmenden Dampf fortgerissen oder verdampft, so zeigt, wie unter 2). angegeben, der Dampf wieder $+E$, der Kessel wieder $-E$ (siehe die Erkl. 300 und 301).

5). Wird vor der Dampfmündung in der Ausströmungsröhre etwas Brunnenwasser, Salzlösung, Schwefelsäure oder Borax gebracht, so hört die Elektricitätserregung sofort auf.

Diese Experimente führten zu dem Schlusse, dass bei Anwendung reinen Wassers zur Dampfentwicklung die Art der Elektricität, welche der Dampf zeigt,

4). angegeben ist, nur geht der Wechsel der Elektricitätsarten nicht so schnell, unter Umständen gar nicht vor sich, da solche fette Oele weniger leicht verdunsten (siehe Erkl. 301).

Erkl. 301. Besteht die Dampfmündung aus einer Holzröhre und man benutzt ein fettes Oel (siehe Erkl. 300), so kann später eine solche Holzröhre nicht mehr weiter zu dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment benutzt werden, indem das Fett in das Holz eindringt.

Erkl. 302. Aus den Versuchen *Jollys* ergibt sich, dass ähnlich wie feuchte Dämpfe an den Ausströmungsöffnungen durch Reiben Elektricität erzeugen, dies auch bei ausströmender gasförmiger Kohlensäure, welche mit flüssiger Kohlensäure gemengt ist, stattfindet.

abhängig ist von der Substanz, an welcher die Wasserteilchen des Dampfes gerieben werden und von der Form der Ausströmungsöffnung, bezw. der Dampfmündung, indem je stärker die Reibung der Wasserteilchen an der Mündung ist, um so stärker Elektricität erregt wird; dass ferner die dem ausströmenden Dampf beigemengten Wasserteilchen keine solche Substanzen enthalten dürfen, durch welche der Dampf gut leitende Eigenschaften bekommt, indem die elektrisierten leitenden Tröpfchen bei der Berührung mit dem Metall der Maschine sofort ihre Elektricität verlieren (siehe Erkl. 301).

Frage 114. Worin besteht im allgemeinen die Einrichtung einer Dampfelektrisiermaschine?

Antwort. Die Einrichtung einer Dampfelektrisiermaschine, wie sie von *Armstrong* konstruiert wurde und durch die Figur 60 dargestellt ist, besteht im wesentlichsten in folgendem:

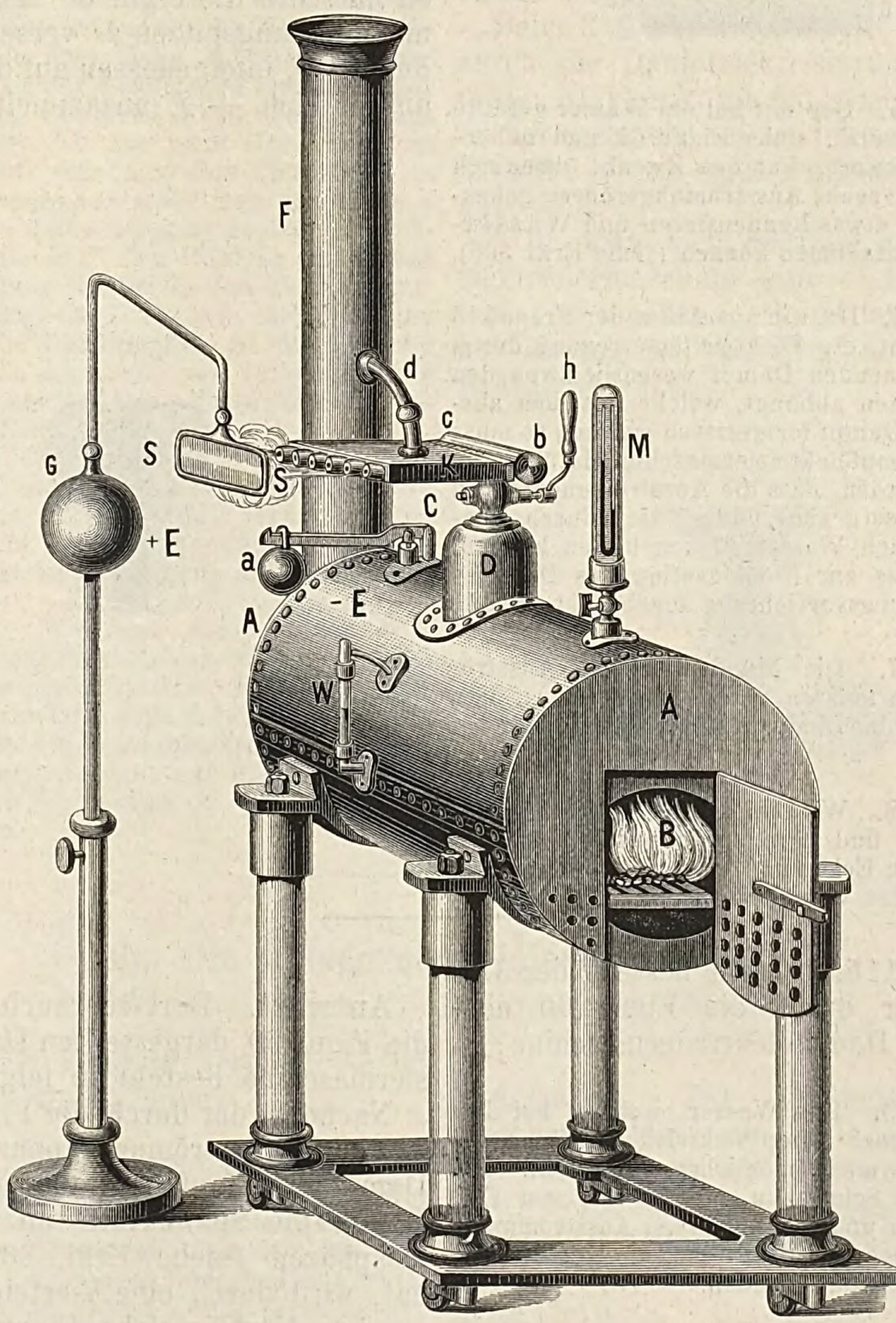
In Figur 60 stellt *AA* einen, wie bei Lokomotiven, mit einer inneren Feuerung *B* versehenen Kessel von 44 cm Durchmesser und 96 cm Länge dar. An diesem Kessel ist ein Sicherheitsventil *C* angebracht, dessen Gewicht *a* so weit verschoben ist, dass der in dem Kessel erzeugte Dampf eine Spannkraft von 6 Atmosphären (siehe Erkl. 304) haben muss, um das Sicherheitsventil in Thätigkeit zu setzen, bezw. zu öffnen. Ferner enthält der Kessel das Manometer *M*, an welchem man die Dampfspannung erkennt, und den Wasserstandsmesser *W*, durch welchen sich der Wasserstand ersehen lässt. Oben auf dem Kessel sitzt genau in der Mitte der Hut oder der Dom *D*, auf welchem ein kurzes, mit einem Hahnen *h* verschliessbares Rohr angebracht ist; an dieses Rohr wird eine circa 24 cm lange und 5 cm lichte Weite enthaltende gusseiserne Röhre *bc*, siehe die Figuren 60 und 61, angeschraubt, an welche, wie die Figur 61 zeigt, sechs Ausströmungsröhren befestigt sind, die in dem mit kaltem Wasser gefüllten parallelopipedischen Messingkasten *K* liegen (siehe die Erkl. 305 u. 306). Zur Entweichung

Erkl. 303. *Armstrong* konstruierte für das königl. polytechnische Institut zu London eine Dampfelektrisiermaschine, welche zwei Dampfkessel von 2 m Länge und 1,1 m Durchmesser hat. Dieselbe ist durch sechs sehr starke Glassäulen isoliert und aus 46 durch Hähne verschliessbare Röhren kann der Dampf entweichen. In den Mündungen dieser Röhren sind kleinere Röhrchen aus sehr hartem Holz angesetzt, um die Reibung des Dampfes zu verstärken. Der ausströmende Dampf wird gegen eine Reihe von Metallspitzen gerichtet, welche in leitender Verbindung mit der Erde stehen. Diese Maschine soll die wirksamste der bestehenden Maschine sein.

Erkl. 304. Kleinere Dampfelektrisiermaschinen als solche, welche mindestens 6 Atmosphären haben, kann man nicht gut verwenden, indem die Elektricitätserregung eine zu geringe ist.

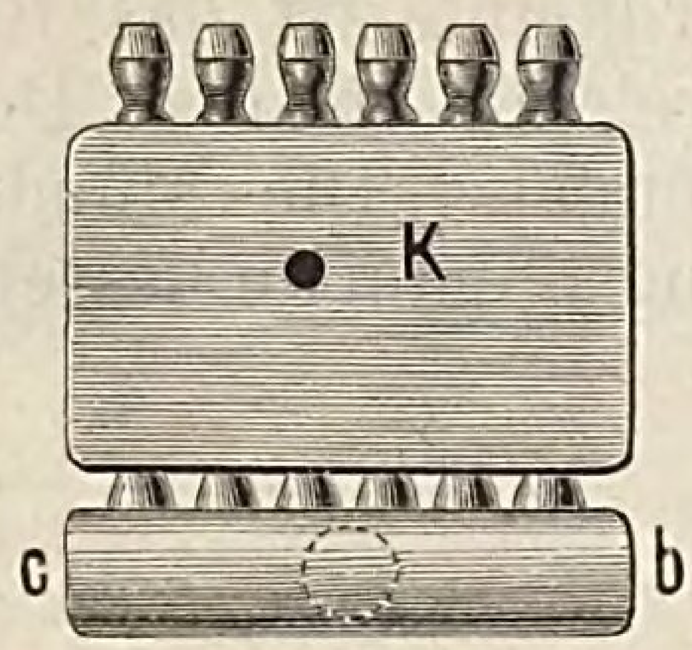
der in dem Messingkasten sich bildenden Wasserdämpfe ist das Rohr *d* eingesetzt, welches in den Dom *F* des Kessels mündet. Die Mündungen der Ausströmungsöffnungen bestehen, wie die

Figur 60.



Figur 62 im Durchschnitt zeigt, aus dem aufgeschraubten messingenen Mundstück *mm*, in welches das harte Holzröhrchen *pp* eingesetzt ist (siehe Erkl. 307); hinter diesem Holzröhrchen befindet sich zum Festhalten desselben ein kleiner, an dem

Figur 61.



Erkl. 305. Der mit kaltem Wasser gefüllte Messingkasten *K*, siehe Figur 61 und nebenstehende Antwort, hat den Zweck, dass sich die durch die sechs Ausströmungsröhren gehenden Dämpfe etwas kondensieren und Wasserteilchen aufnehmen können (siehe Erkl. 306).

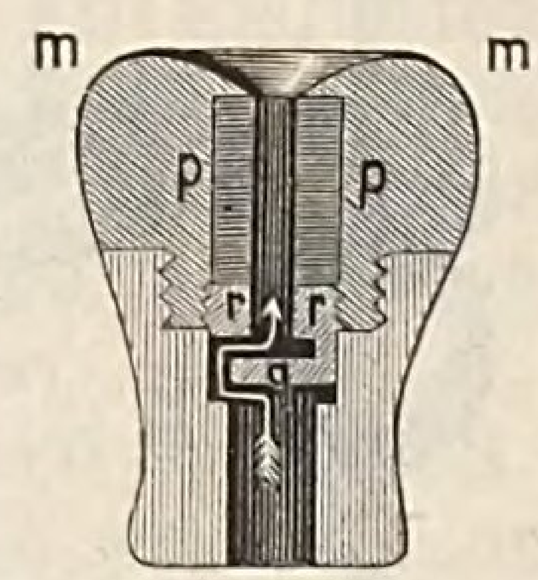
Erkl. 306. Da, wie aus Antw. der Frage 113 ersichtlich ist, die Elektricitätserregung durch den ausströmenden Dampf wesentlich von den Wasserteilchen abhängt, welche mit dem ausströmenden Dampf fortgerissen werden, so muss bei einer Dampfelektrisiermaschine dafür Sorge getragen werden, dass die Ausströmungsröhren ziemlich lang sind, damit sich durch Kondensation auch Wasserteilchen bilden können, oder es muss zur Kondensation des Dampfes eine Abkühlungsvorrichtung angebracht werden.

Erkl. 307. Die Mündungen der Ausströmungsröhren müssen so beschaffen sein, dass die Reibung der Dampfwasserteilchen möglichst gross wird.

Erkl. 308. Wie bei allen elektrischen Ansammlungs- und Erregungsapparaten müssen alle scharfen Ecken und Kanten (an Schrauben etc.) möglichst vermieden sein.

messingenen Mundstück *mm* angeschraubter Cylinder *rr*, welcher eine Messingplatte *q* trägt, infolgedessen der ausströmende Dampf den durch den Pfeil in der Figur angedeuteten Umweg machen muss. Der aus den Mündungen der Ausströmungsöffnungen strömende Dampf strömt, wie die Figur 60 zeigt, auf den mit den Saugspitzen *ss* versehenen Konduktor *G*, infolgedessen auf diesem Konduktor sich $+E$ ansammelt.

Figur 62.



Frage 115. Worin besteht der Gebrauch der durch die Figur 60 dargestellten Dampfelektrisiermaschine?

Erkl. 309. Das Wasser, welches bei dem Gebrauch einer Dampfelektrisiermaschine benutzt wird, muss möglichst rein sein. Die Kanäle und Schrauben müssen frei von Fett und Oel sein und die hölzernen Ausströmungsröhren müssen vor dem Gebrauch mit heissem Wasser durchspült werden.

Erkl. 310. Mit der durch die Figur 60 dargestellten und in voriger Antwort beschriebenen Dampfelektrisiermaschine kann man eine elektrische Batterie von 3,6 qm Oberfläche in 30 Sekunden vollständig laden. Die Beschreibung einer elektrischen Batterie ist in dem Abschnitt: „Ueber die elektrischen Ansammlungsapparate“ gegeben.

Antwort. Der Gebrauch der durch die Figur 60 dargestellten Dampfelektrisiermaschine besteht in folgendem:

Nachdem der durch die Figur 61 dargestellte Ausströmungsapparat auf den Dampfkessel aufgeschraubt ist und der Dampf die Spannkraft von circa 6 Atmosphären (siehe Erkl. 304) erreicht hat, wird durch eine Vierteldrehung des an dem Ventil, siehe Figur 60, angebrachten Handgriffs *h* der Dampfabsperrhahnen geöffnet. Durch die kräftige Ausströmung des Dampfes und der durch Kondensation gebildeten Wasserteilchen wird der Dampf $+E$, der Kessel selbst $-E$ zeigen.

Will man den Kessel zu einer stetigen

Erkl. 311. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen genügt es, wenn man eine Ausströmungsröhre an dem Kessel anbringt.

Erkl. 312. Will man zu wissenschaftlichen Untersuchungen Flüssigkeiten vor die Dampfmündung in die Ausströmungsröhre bringen, so bedient man sich mit Vorteil der durch die Figur 63 dargestellten Vorrichtung.

In der Figur 63 stellt *mn* ein Stück der betreffenden Ausströmungsröhre dar, an welchem das mit dem Hahn *a* verschliessbare und in den Trichter *c* endigende vertikale Rohr *b* befestigt ist. Der Hahn *a* selbst besteht aus einer Höhlung, die nur nach einer Seite hin offen ist. Will man nun eine Flüssigkeit in die Röhre bringen, so stellt man den Hahn *a* so, dass die seitliche Oeffnung nach dem Trichter zu gerichtet ist. Die Höhlung des Hahns füllt sich alsdann mit der in dem Trichter enthaltenen Flüssigkeit. Dreht man dann den Hahn um eine halbe Drehung, so ist die Höhlung des Hahns mit der Röhre *mn* verbunden und ein kleines Quantum jener Flüssigkeit ergiesst sich in die Röhre.

Erkl. 313. Dampfelektrisiermaschinen wird man besonders da mit Vorteil verwenden, wo es weniger auf starke Spannung als auf anhaltende Elektricitätserregung ankommt.

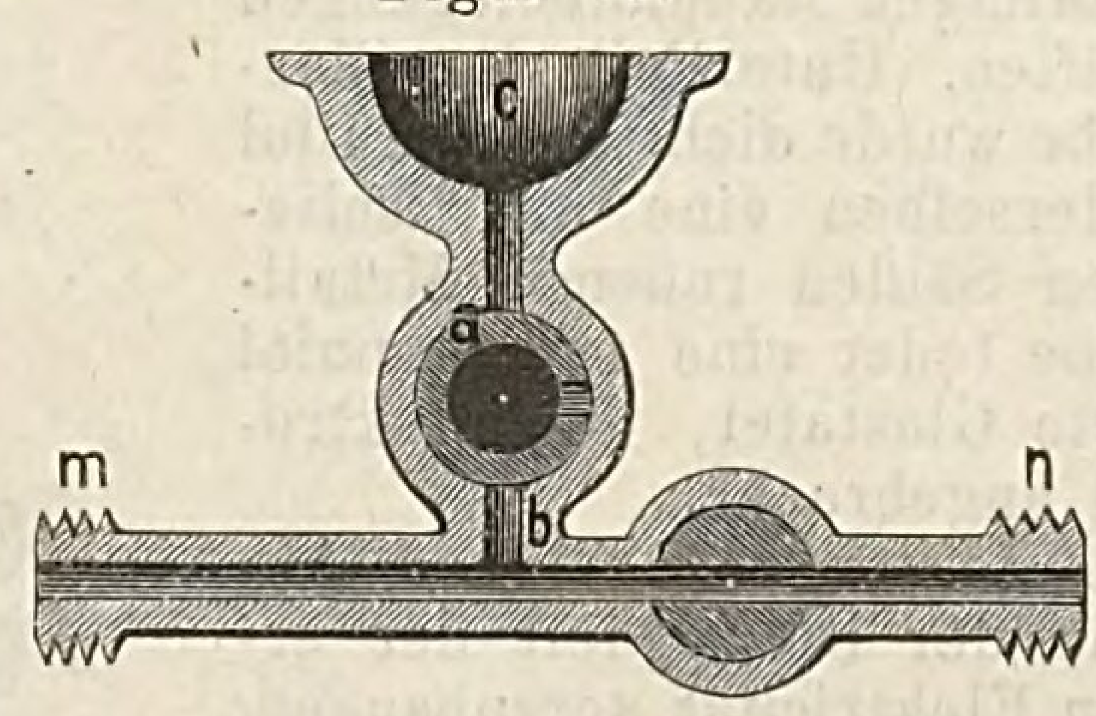
Erkl. 314. Will man nur mit der $+E$ des Dampfes experimentieren, so braucht man keinen besonders isolierten Dampfkessel, sondern man lässt einfach den Dampf mittels des von *Schwerd* sehr zweckmässig konstruierten Ausströmungsapparat auf die Saugspitzen eines isolierten Konduktors *G*, wie die Figur 60 zeigt, strömen.

Quelle von $-E$ machen, so muss die $+E$ des ausströmenden Dampfes gut abgeleitet werden, was man dadurch erreicht, indem man den Konduktor *G* mit den Saugspitzen so aufstellt, dass der Dampf in diese Saugspitzen einströmt, seine $+E$ daselbst abgibt und von da in die Erde abgeleitet wird.

Beim Experimentieren mit den beiden durch die Dampfelektrisiermaschine erregten Elektricitäten leitet man den Konduktor nicht ab, infolgedessen ladet sich derselbe bis zu einer gewissen Spannung mit $+E$.

Will man sich mittels der Dampfelektrisiermaschine eine stetige Quelle von $+E$ machen, so leitet man die $-E$ des Kessels auf die Erde ab (siehe die Erkl. 309—314).

Figur 63.



d). Die Influenzelektrisiermaschinen.

(Influenz- oder Elektrophormaschinen.)

Frage 115. Worauf beruhen die Influenzelektrisiermaschinen?

Erkl. 315. Im Jahr 1816 gab schon *Volta* ein Verfahren an, um beim Experimentieren mit dem Elektrophor das wiederholte Auf- und Abnehmen des Elektrophordeckels, das zeitraubend und mühsam ist, umgehen zu können. *Volta* empfahl zu diesem Zweck beim Experimentieren zwei Elektrophore zu benutzen und den Elektrophordeckel abwechselnd von dem einen auf den andern Elektrophor zu legen. Eine bedeutende Verbesserung wurde auch damit nicht erreicht, doch enthielt dieses Verfahren den Grundgedanken der fast gleichzeitig von *Töpler* und *Holtz* konstruierten Influenzmaschinen (siehe die Erkl. 316—321).

Antwort. Die Influenzelektrisiermaschinen, oder wie sie auch kurzweg genannt werden, die Influenzmaschinen, beruhen im allgemeinen auf dem Prinzip des Elektrophors; *Riess* gab ihnen deshalb den Namen Elektrophormaschinen. Bei diesen Maschinen wird nämlich nicht wie bei den früher erwähnten gewöhnlichen Elektrisiermaschinen Elektricität durch Reibung erregt, sondern es wird ähnlich wie bei dem Elektrophor die einmal mitgeteilte (erregte) Elektricität benutzt, um mittels ihrer influenzierenden Wirkung auf

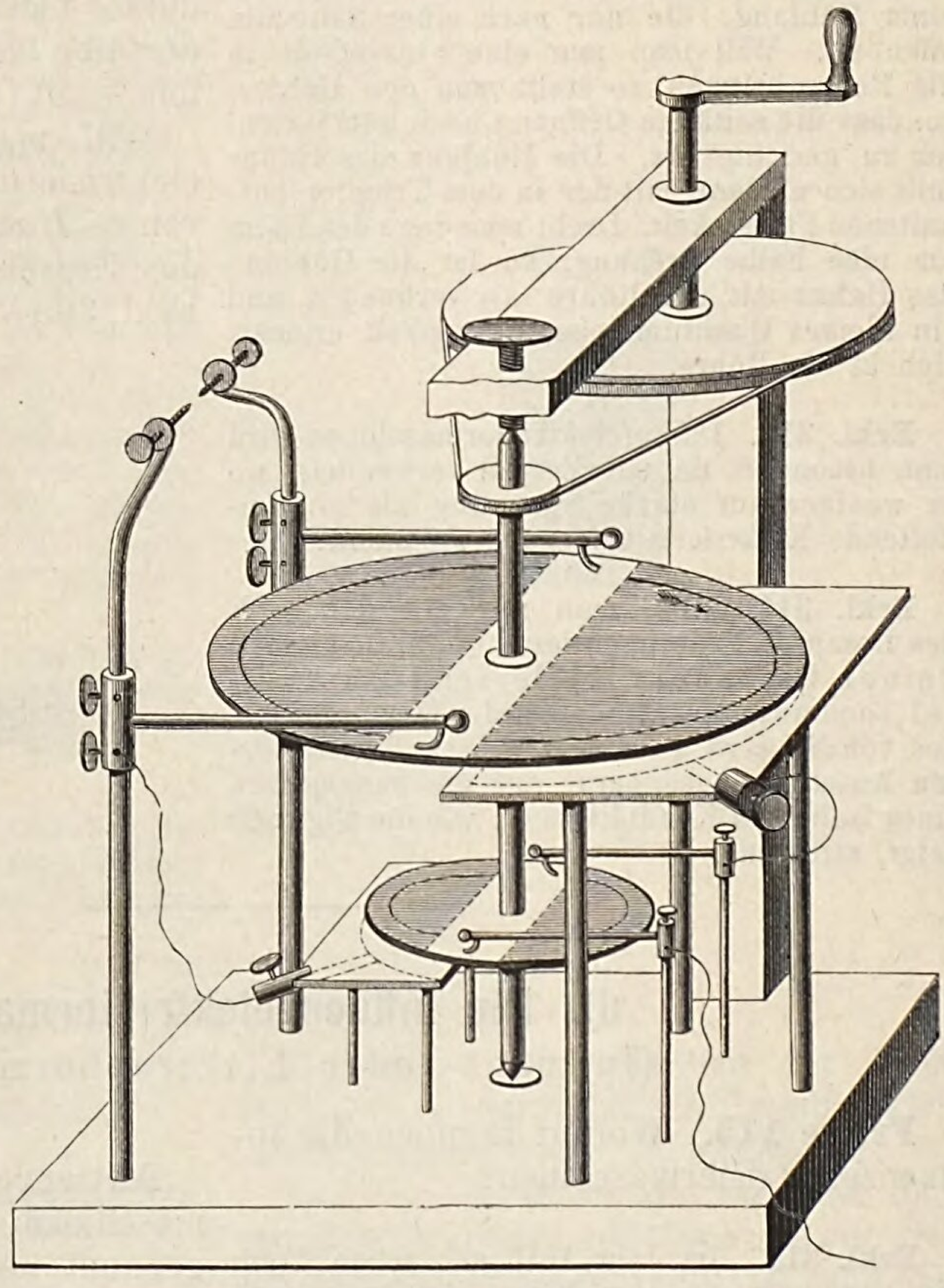
Erkl. 316. Dr. *A. Töpler*, seinerzeit Professor am baltischen Polytechnikum in Riga, brachte im Jahr 1865 die von *Volta* aufgestellte Idee in praktischer Weise zur Ausführung (siehe auch die Erkl. 320). Diese Ausführung *Töplers* bestand in folgendem:

An einer vertikalen Axe war, wie die Figur 64 zeigt, eine horizontale Glasscheibe angebracht, welche mittels einer Umdrehungsvorrichtung in rasche Rotation versetzt werden konnte. Auf der unteren Seite dieser wagrechten Glasscheibe waren zwei Stanniolbelegungen in Form von zwei fast halbkreisförmigen Kreissegmenten angebracht. Auf der oberen Seite der Glasscheibe waren hingegen kreisförmige Stücke von Stanniolstreifen befestigt, die um etwas über die unteren segmentförmigen Stanniolbelegungen hervorragten. An zwei isolierten Konduktoren waren ferner zwei sehr weiche Federn befestigt, die bei Rotation der angebrachten Glasscheibe auf den oberen kreisringförmigen Stanniolbelegungen schleiften. Unterhalb der Glasscheibe wurde dicht und parallel bei derselben eine auf isolierenden Säulen ruhende Metallscheibe (oder eine mit Stanniol belegte Glastafel, der Elektrophor) angebracht.

Um ferner der raschen Abnahme der Dichtigkeit der erregten Elektricität vorzubeugen, welche stattfand, wenn die Maschine kurze Zeit in Ruhe war, verband *Töpler*, wie auch die Figur 64 zeigt, diese Maschine mit einer zweiten, jener gleichartigen, aber etwas kleineren Maschine, deren Glasscheibe auf derselben vertikalen Axe befestigt war, dessen metallische Unterlage (oder mit Stanniol belegte Glastafel, der Elektrophor) gegen die der vorhin erwähnten um 180^0 gedreht war. Auf der Glasscheibe der kleineren Maschine schleiften wie bei der grösseren zwei Federn, von denen die eine mit der Metallplatte der grösseren Maschine in leitender Verbindung stand, während die andre zur Erde abgeleitet war.

Erkl. 317. Die bei den *Töpler*schen Maschinen angebrachten Federn müssen fast ohne Druck auf der in Rotation versetzten Glasscheibe schleifen, indem andernfalls Teilchen von den ringförmigen Stanniolstreifen abgerieben werden, die sich zwischen den beiden Ringstücken auf der Glasplatte ansammeln und die beiden ringförmigen Stanniolstreifen auf der gute metallische Leiter eine kontinuierliche Elektricitätserregung, einen sogen. kontinuierlichen, stationären elektrischen Strom hervorzurufen.

Figur 64*).



*) In der Figur 64 sind die Höhendimensionen im Verhältnis zu den Breitendimensionen etwas zu gross angenommen und zwar deshalb, um die Einrichtung der durch diese Figur dargestellten älteren *Töpler*schen Maschine besser erkennen zu lassen.

oberen Seite der Glasscheibe in leitende Verbindung bringen, infolgedessen die Maschine versagen wird.

Als solche zarte Federn kann man Büschel aus möglichst feinem Draht oder das zarte Drahtgewebe benutzen, welches man erhält, wenn man ein mit Gold oder Silber durchwirktes Seideband ausbrennt.

Erkl. 318. Bei der in der Erkl. 316 beschriebenen älteren Influenzmaschine von *Töpler* wird der erregte elektrische Strom bei jeder Umdrehung der Glasscheibe zweimal unterbrochen, nämlich immer dann, wenn die Federn die zwischen den ringförmigen Stanniolbelegungen befindlichen Teile der Glasscheibe passieren. Dies kann man dadurch beseitigen, indem man auf derselben vertikalen Axe mehrere rotierende Glasscheiben befestigt, deren entsprechenden Konduktoren leitend verbindet und die Unterbrechungsstellen so anbringt, dass die auf diesen Glasscheiben schleifenden Federn nicht alle zugleich die erwähnten Unterbrechungsstellen passieren.

Erkl. 319. Die in den Erkl. 316—318 gemachten Angaben über die ältere *Töpler*sche Maschine sind der in Poggend. Ann. Bd. 125, S. 469 enthaltenen Abhandlung *Töplers* entnommen. Ausführliches hierüber findet man daselbst.

Erkl. 320. Fast gleichzeitig mit *Töpler* konstruierte Dr. *W. Holtz* in Berlin im Jahr 1865 eine der in den Erkl. 316—318 erwähnten *Töpler*schen Influenzmaschine ähnliche Influenzmaschine.

Die Maschine von *Holtz* unterscheidet sich von der *Töplers* im wesentlichsten dadurch, dass

1). die rotierende Glasscheibe frei von Stanniolbelegungen ist, dafür aber auf der festen Scheibe Papierbelegungen mit Saugspitzen angebracht sind, und dass

2). statt den mit dem Konduktor in leitender Verbindung stehenden Federn, bei der *Holtz*schen Maschine Saugkämme angebracht sind, welche mit dem Konduktor in leitender Verbindung stehen.

Die ältere *Holtz*sche Maschine ist hier nicht erwähnt; die neuere sehr viel in Gebrauch befindliche *Holtz*sche Influenzmaschine gelangt in den folgenden Antworten der Fragen 117 bis 122 ausführlich zur Besprechung.

Ausführliches über die ältere *Holtz*sche Maschine findet man in Poggend. Ann. Bd. 126, Seite 157.

Erkl. 321. Circa 20 Jahre früher als *Töpler* und *Holtz* soll der Engländer *Goodmann* in Birmingham einen den Influenzmaschinen ähnlichen Apparat konstruiert haben.

Nach andern Angaben soll der im Jahr 1788 in den Philosophical Transactions unter dem Namen „Nicholsons Revolving Doubler“ beschriebene Apparat, „als ein Instrument, bei

welchem durch Drehung einer Kurbel die beiden Arten der Elektricität erzeugt werden, ohne Ableitung und ohne Reibung," ein der Influenzmaschine ähnlicher Apparat gewesen sein.

Erkl. 322. Die Influenzmaschinen gehören wie der Elektrophor und die Elektrisiermaschine zu den sogen. Verwandlungsmaschinen, das sind solche Maschinen, mittels welchen sowohl mechanische Arbeit in Elektricität als auch umgekehrt Elektricität in mechanische Arbeit verwandelt werden kann (siehe die Erkl. 323—339).

Frage 116. In welche Arten kann man die wichtigsten der bis jetzt vorhandenen Influenzmaschinen einteilen?

Antwort. Die Influenzmaschinen kann man einteilen:

1). in Influenzmaschinen der 1ten Art; das sind Maschinen mit einer festen und einer rotierenden Scheibe;

2). in Influenzmaschinen der 2ten Art; das sind Maschinen mit zwei entgegengesetzt rotierenden Scheiben;

3). in Doppel- und mehrfache Influenzmaschinen; das sind Maschinen, welche aus zwei, drei und mehr Influenzmaschinen zusammengesetzt sind, bezw. welche mit zwei, vier und mehr paar rotierenden und festen Scheiben versehen sind (siehe die Erkl. 323—325);

4). in Influenzmaschinen mit Reibzeug; das sind Maschinen, bei welchen die zur Elektricitätserregung mittels Influenz erforderliche elektrische Ladung durch direkte Reibung erhalten wird;

5). in selbsterregende Influenzmaschinen; das sind Maschinen, welche vor dem Gebrauch nicht mit Elektricität geladen zu werden brauchen.

Erkl. 323. *Poggendorff* verband zwei Maschinen der 1ten Art zu einer sogen. Doppelmaschine (siehe Poggend. Ann. Bd. 145, S. 1).

Verbindet man z. B. die beiden Kämme einer Influenzmaschine der 1ten Art, von welcher nur die zum Drehen erforderliche Vorrichtung fortgenommen ist, mit den Kämmen einer andern Influenzmaschine der 1ten Art und setzt letztere in Thätigkeit, so strömen die beiden Elektricitäten aus der ersten Maschine durch die Kämme in die zweite Maschine über und versetzen deren drehbare Scheibe in schnelle Rotation. In der zweiten Maschine findet gerade das Umgekehrte statt wie in der ersten; während in dieser Arbeit in Elektricität verwandelt wird, wird in der zweiten Maschine Elektricität in Arbeit umgewandelt (siehe die Erkl. 322 und 365).

Erkl. 324. *Holtz* konstruierte im Jahr 1878 eine Doppelinfluenzmaschine, bei welcher zwei Scheibenpaare (zwei rotierende und zwei feste Scheiben) zur Anwendung kommen und welche die zwei- bis dreifache Elektricitätsmenge als die nachstehend beschriebene einfache *Holtz*sche Influenzmaschine der 1ten Art liefert.

Erkl. 325. Ausser den nebenstehend angeführten Influenzmaschinen gibt es noch mehrere andre, welche Kombinationen derselben sind; unter andern wurden Zusammenstellungen gemacht, bei welchen eine feste und zwei rotierende Scheiben zur Anwendung kommen etc.

Frage 117. Worin besteht die Einrichtung einer Influenzmaschine der 1ten Art?

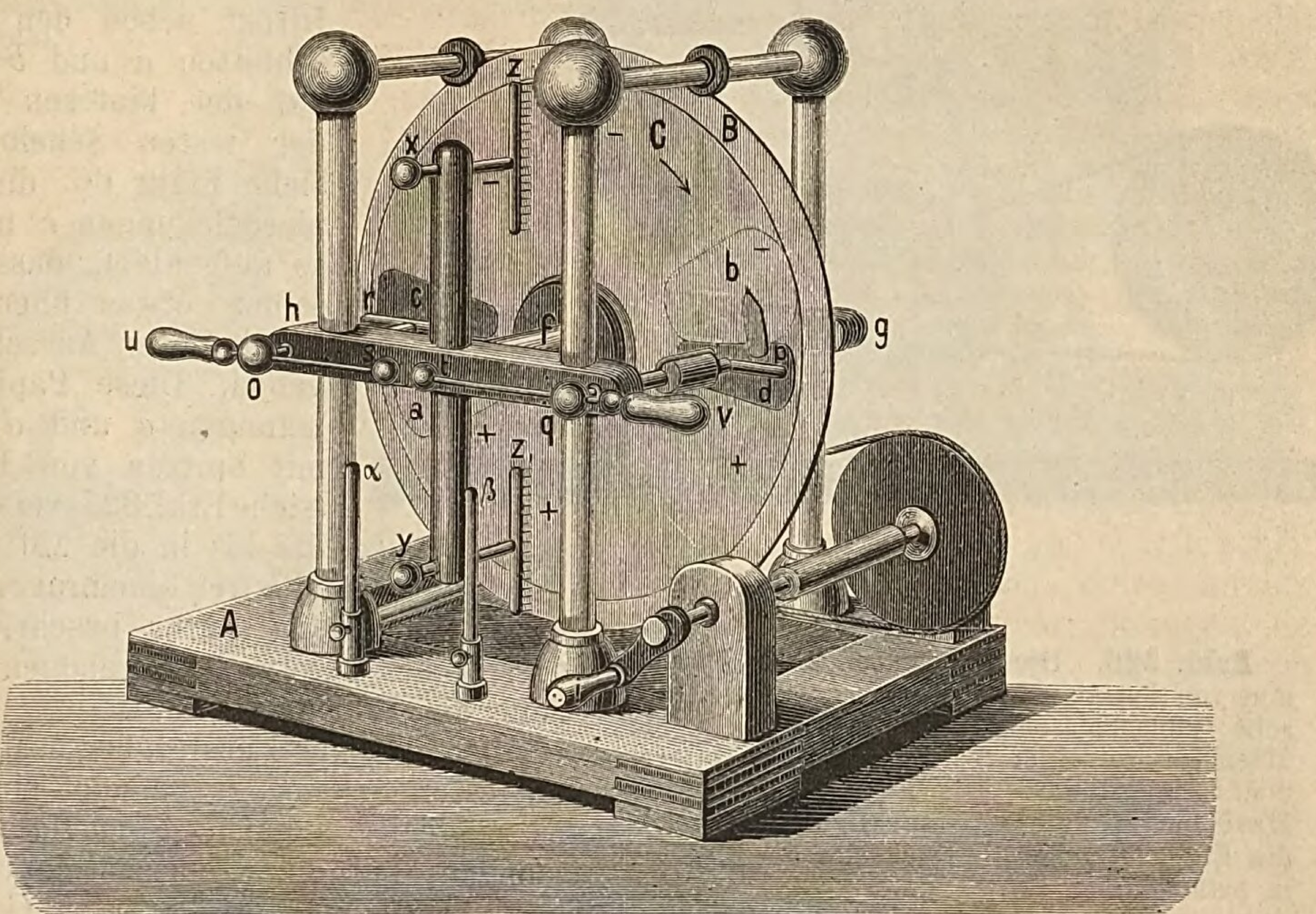
Antwort. Die Influenzmaschinen der 1ten Art, das sind die Influenzmaschinen mit einer festen und einer rotierenden Scheibe, zeigen in ihren speziellen Einrichtungen je nach ihren Erbauern besondere Eigentümlichkeiten.

In nachfolgendem ist eine der besten und verbreitetsten Influenzmaschinen

der 1^{ten} Art, nämlich die von *Holtz* in Wien konstruierte, von *Borckhardt* in Hannover erbaute und bereits in Dr. J. Müllers Physik beschriebene und erläuterte Influenzmaschine, ihrer speziellen Einrichtung nach besonders vorgeführt.

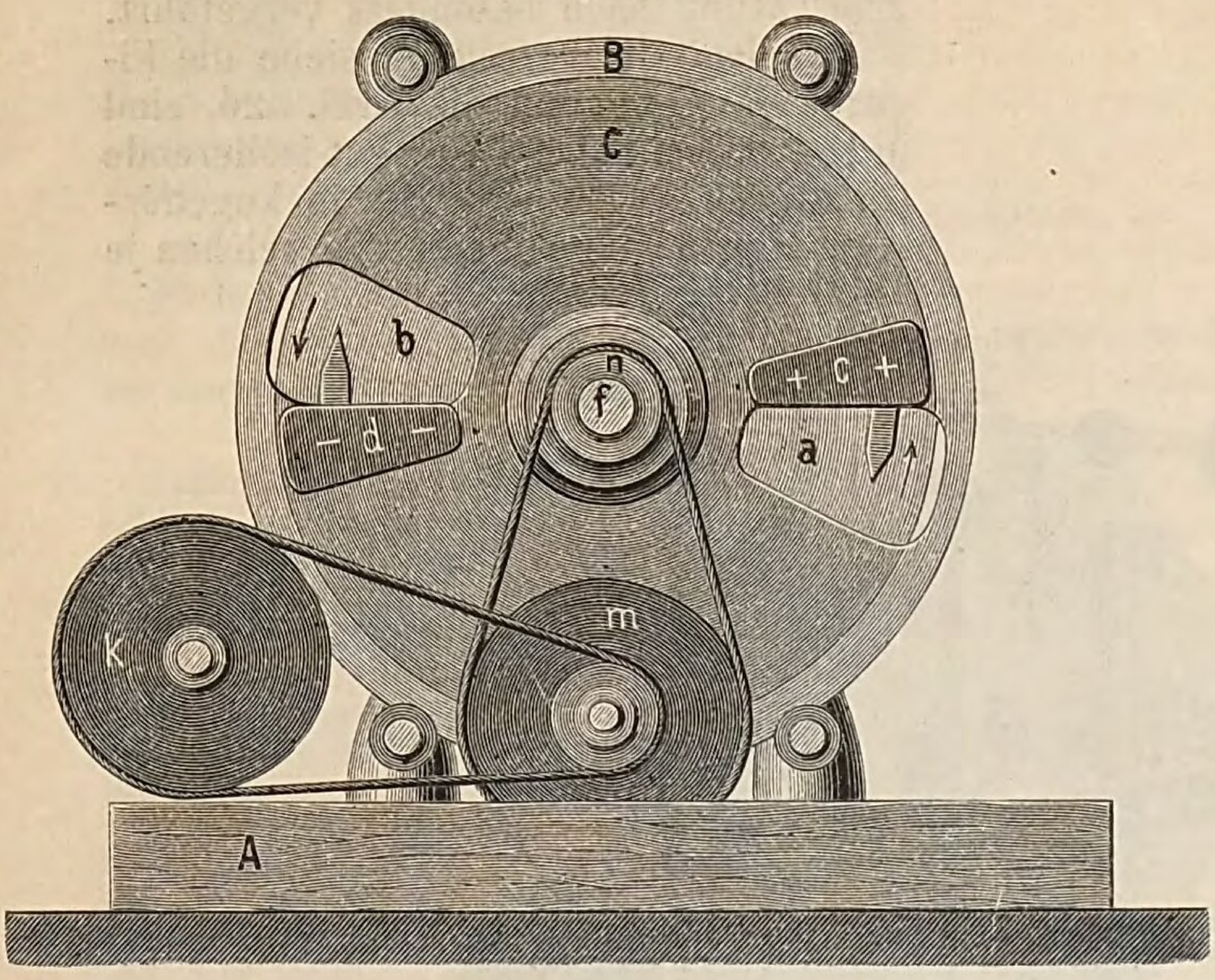
Auf dem Holzgestell *A*, siehe die Figuren 65 u. 66 und die Erkl. 326, sind in Holzfüssen ruhend vier gut isolierende Glassäulen angebracht, die in kugelförmige Holzknöpfe endigen, von welchen je

Figur 65.



zwei, wie die Figur 65 zeigt, oben und unten mit horizontalen Glassäulen fest verbunden sind. Fast in den Mitten der vier soeben erwähnten horizontalen Glassäulen sind Ringe von Ebonit (Hartgummi) angebracht, welche mittels der an ihnen angebrachten Schraubengewinde noch um ein geringes verstellbar sind und zwischen welchen die feststehende Glasscheibe *B* ruht. Diese aus Fensterglas bestehende feste Scheibe *B* enthält drei Ausschnitte, einen konzentrischen Ausschnitt in der Mitte, durch welchen eine drehbare Achse hindurchgeht und die zwei diametral gegenüber-

Figur 66.



stehenden Ausschnitte *a* und *b*, welche die aus den Figuren 65 und 66 ersichtliche Form haben. Die Ausschnitte *a* und *b* sind so angebracht, dass der obere Rand des Ausschnitts *a* um ein geringes unter dem horizontalen Durchmesser der festen Scheibe *B*, der untere Rand des Ausschnitts *b* um ein geringes über jenem horizontalen Durchmesser zu stehen kommt. Direkt neben den Ausschnitten *a* und *b* sind auf der hinteren Seite der festen Scheibe *B*, siehe Figur 66, die Papierbelegungen *c* und *d* so aufgeklebt, dass dieselben etwas über den Rand dieser Ausschnitte gehen. Diese Papierbelegungen *c* und *d* sind mit Spitzen von Pappe (siehe Erkl. 327) versehen, die bis in die Mitte der Ausschnitte *a* und *b* frei hineinragen und gegen die zweite später beschriebene Glasscheibe *C* etwas umgebogen sind (siehe die Erkl. 328 – 330).

Neben der aus Fensterglas bestehenden festen Scheibe *B* befindet sich die aus möglichst dünnem Spiegelglas bestehende, auf einer horizontalen drehbaren Achse befestigte Scheibe *C*. Der Durchmesser der Scheibe *C* ist um circa 2—6 cm kleiner als der der Scheibe *B*. Die Scheibe *C* wird auf der drehbaren Achse durch zwei Hartgummiplatten festgehalten und so gestellt, dass sie sehr dicht an der Scheibe *B* steht und dass ihre Ebene parallel derjenigen von *B* ist.

Die drehbare Achse *f* besteht ebenfalls aus Hartgummi und endigt in Stahlzapfen, die in Lagern der horizontal liegenden Hartgummistücken *g* und *h* ruhen und kann mitsamt der Scheibe *C* durch die Umdrehungsvorrichtung *ikmn* (siehe die Figuren 65 und 66) in rasche Rotation versetzt werden.

Die Umdrehungsvorrichtung *ikmn* be-

Erkl. 326. Die Figuren 65 und 66 stellen eine von *Borckhardt* in Hannover gebaute Holtzsche Influenzmaschine der 1ten Art, d. h. eine Maschine mit einer festen und einer rotierenden Scheibe, dar. Die Figur 65 zeigt diese Maschine in parallelperspektivischer Ansicht; die Figur 66 zeigt die Rückseite der Maschine in orthogonaler Projektion.

Erkl. 327. Nach den Angaben von Professor *Carl* in München ist es sehr vorteilhaft, wenn die in die freien Ausschnitte *a* und *b* der Scheibe *B* hineinragenden Pappspitzen der Belegungen *c* und *d* mit Stanniol beklebt werden.

Erkl. 328. Die auf der festen Scheibe einer Influenzmaschine der 1ten Art angebrachten Ausschnitte *a* und *b* mit den Papierbelegungen *c* und *d*, siehe die Figuren 65 und 66, nennt man ein elektrisches Element oder auch Armatur. Hat eine Scheibe vier oder sechs Ausschnitte mit Belegungen (siehe Erkl. 329), so nennt man je zwei aufeinanderfolgende Ausschnitte mit ihren Belegungen ein elektrisches Element.

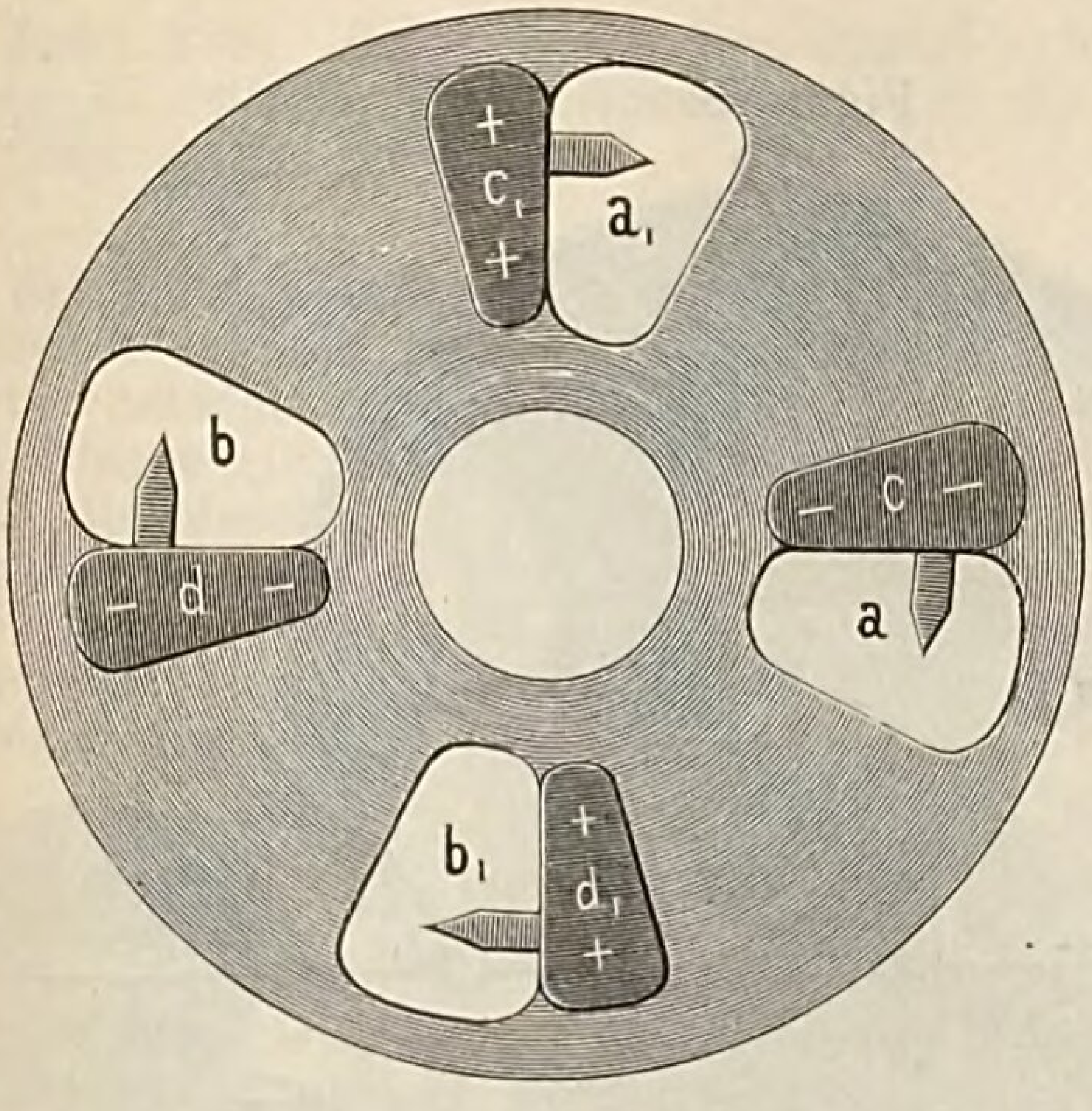
Erkl. 329. Es gibt auch Influenzmaschinen, welche statt einem elektrischen Element, siehe

die Figuren 65 u. 66 und die Erkl. 328, zwei oder drei elektrische Elemente haben (siehe Erkl. 330).

Erkl. 330. In der durch die Figuren 65 u. 66 dargestellten Holtzschen Influenzmaschine der 1ten Art, wie sie von *Borckhardt* in Hannover gebaut wurde, kann auch eine andre feste Scheibe eingesetzt werden, welche statt einem Element (siehe Erkl. 329) zwei solcher Elemente enthält.

Eine solche Scheibe mit zwei Elementen ist durch die Figur 67 dargestellt. Bei Einsetzung dieser Scheibe kommen die Belegungen c und d den Saugvorrichtungen p und r gegenüberzustehen, während die Belegungen c_1 und d_1 den Saugvorrichtungen z und z_1 gegenüberzustehen kommen.

Figur 67.



Erkl. 331. Bei neuen Maschinen besteht gewöhnlich die Stange, welche den Konduktor o mit der Saugvorrichtung r verbindet, aus einer leitenden Substanz, z. B. aus Messing, während die Stange, welche die Kugel q mit der Saugvorrichtung p verbindet, aus einer nicht leitenden Substanz besteht. Die leitende Verbindung wird in letzterem Fall durch eine Metallkugel oder durch einen aufgesetzten Metallbogen hergestellt.

Für besondere später vorgeführte Zwecke wird dieser die leitende Verbindung herstellende Metallbogen weggenommen (siehe Erkl. 343).

Erkl. 332. Bei einer in Thätigkeit gesetzten Influenzmaschine zeigen die beiden Elektroden entgegengesetzte Elektricitäten.

Diejenige Elektrode, welche $+E$ zeigt, wird die positive Elektrode, diejenige, welche $-E$ zeigt, die negative Elektrode genannt.

Erkl 333. Die Klemmschrauben an den die Hülsen α und β tragenden Säulchen in Figur 65

steht aus der an der Achse der Scheibe k befestigten Kurbel i, welche mit der Hand umgedreht wird; aus einer Schnur, welche, wie die Figur 66 zeigt, über die Scheibe k und von da über eine mit der Scheibe m verbundene kleinere Scheibe geht und mittels welcher die Bewegung der durch Drehung der Kurbel i in Rotation versetzten Scheibe k auf die Scheibe m übertragen wird; aus einer zweiten Schnur, welche über die Scheibe m und von da über die auf der Achse f sitzende kleinere Scheibe n geht und mittels welcher die Bewegung der Scheibe m durch die Scheibe n auf die Achse f, bezw. auf die Glasscheibe C übertragen wird. Die vier Scheiben, über welche die Treibschnur läuft, sind von Hartgummi. Die Durchmesser der Scheiben sind so gewählt, dass das Verhältnis der Umdrehungen zwischen der Achse f und der Kurbel $i = 5:1$ ist.

Die durch die Figur 65 dargestellte Holtzsche Influenzmaschine der 1ten Art enthält ferner die beiden messingenen Konduktoren o und q. Diese Konduktoren o und q sind an cylindrischen Messingstangen befestigt, welche an den andern Enden die Saugvorrichtungen, die sogenannten Saugspitzen, Saugkämme oder Rechen p und r tragen. Die Konduktoren o und q sind so angebracht, dass die soeben erwähnten Saugvorrichtungen den Belegungen c und d der hinteren festen Scheibe B so gegenüberstehen, wie die Figur 65 zeigt (siehe Erkl. 331).

An den Kugeln o und q sind Durchbohrungen angebracht, durch welche verschiebbare Messingstangen gehen, die auf der einen Seite in den Messingkugeln s und t, den sog. Entladungskugeln oder Elektroden endigen, andrerseits mit den isolierenden Handgriffen u und v versehen sind (siehe Erkl. 332).

Die durch die Figuren 65 und 66 dargestellte Holtzsche Influenzmaschine enthält ferner noch einen in dem Querstück h steckenden vertikalen Stab, an welchem zwei Neben- oder Hülfskonduktoren befestigt sind, die aus den Saugvorrichtungen z und z_1 und den mit

dienen dazu, um Metalldrähte befestigen zu können.

Diese Metalldrähte führen den Namen Zuleitungsdrähte, Schliessungsbogen etc.; sie stehen, wie sich aus der nebenstehenden Beschreibung ergibt, in leitender Verbindung mit den Konduktoren, bezw. mit den Saugvorrichtungen der Maschine.

Die Zuleitungsdrähte dienen dazu, einen beliebigen Körper zwischen beiden einzuschalten und so den durch die Maschine erzeugten elektrischen Strom zu schliessen, daher der Name Schliessungsbogen.

Erkl. 334. Bei allen Influenzmaschinen werden, ähnlich wie bei den früher erwähnten Elektrisiermaschinen, die Belegungen, Spitzen, isolierende Glassäulen etc. mit Bernstein- oder Schellackfirnis überzogen, um die Feuchtigkeit abzuhalten.

Erkl. 335. Die Figur 68 stellt eine andre Bauart der Holtzschen Influenzmaschine der 1ten Art dar, wie sie von *M. Wesselhöft* in Halle a. d. S. geliefert wird.

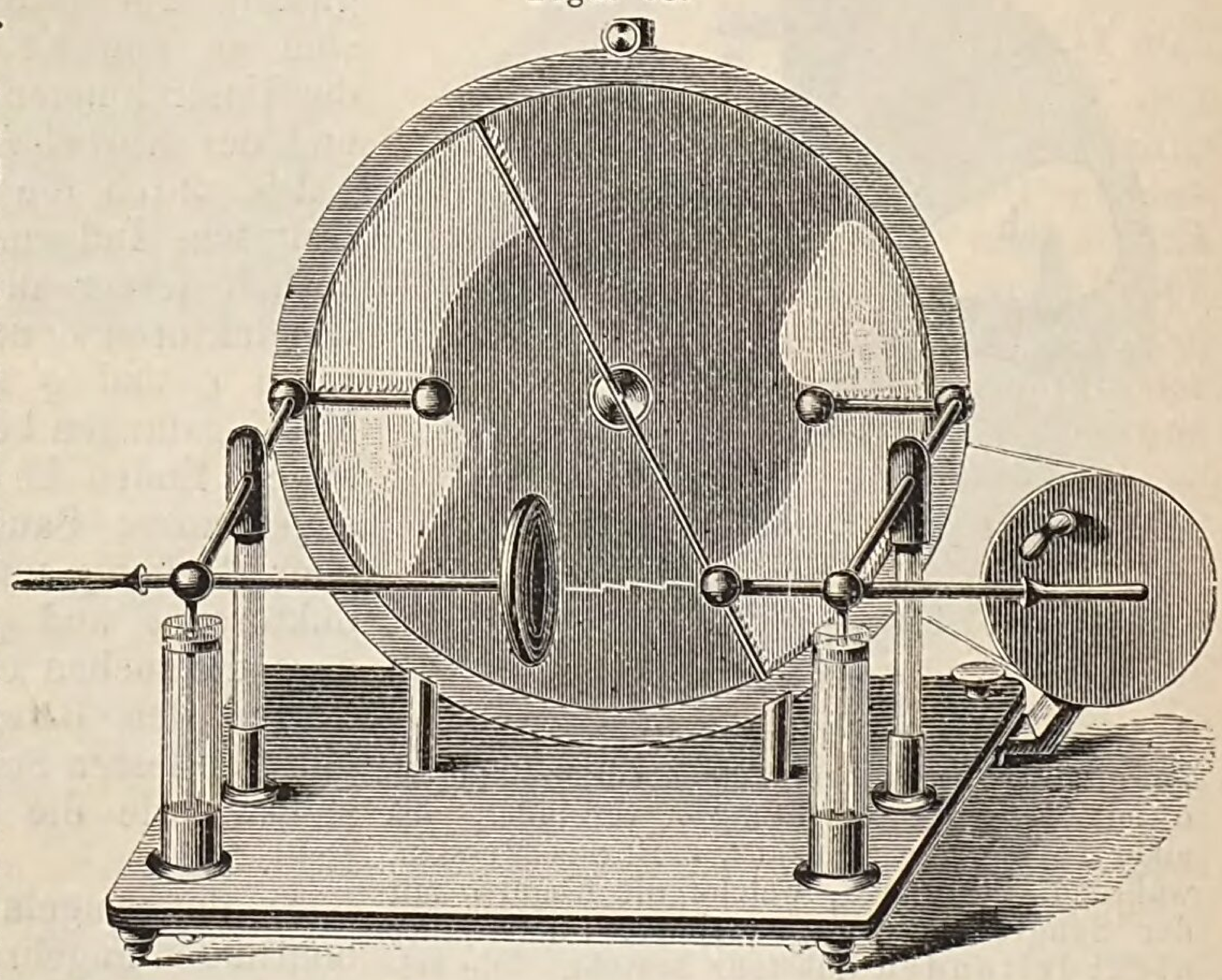
Die Einrichtung dieser Maschine ist im allgemeinen aus der Figur 68 ersichtlich. Die eine Elektrode wird, wie die Figur zeigt, in den Fällen, in welchen man kräftige Funken erhalten will, durch eine Scheibe (Scheibenelektrode) ersetzt. Statt des vertikalen Konduktors xy in Figur 65 ist hier ein schräger Konduktor angebracht. Die Ausschnitte und Belegungen auf der festen Scheibe sind bedeutend grösser als bei der in Figur 65 dargestellten Maschine. Die Wirkung dieser Maschine soll eine ganz vorzügliche sein. Mit dieser Maschine soll bei günstigen Verhältnissen eine Funkenlänge erreicht werden, die $^2/_3$ des Durchmessers der rotierenden Scheibe ist.

In betreff der Wirkung des hier schräg stehenden Konduktors siehe die Antwort der Frage 125 und die Erkl. 364—366.

ihnen leitend verbundenen Metallkugeln x und y bestehen und welche mittels eines aufzusteckenden Metallbogens in leitende Verbindung gebracht werden können. Die Saugvorrichtungen z und z_1 können von der Scheibe C beliebig entfernt und derselben wieder genähert werden.

Auf dem Holzfusse A sind schliesslich noch zwei mit Klemmschrauben versehene isolierte Säulchen angebracht, auf welche die ziemlich fest schliessenden Metallhülsen α und β gesteckt sind, die in die Höhe geschoben und so mit den Elektroden s und t in leitende Verbindung gebracht werden können (siehe die Erkl. 333—335).

Figur 68.



Frage 118. Wie verfährt man im allgemeinen, um eine Holtzsche Influenzmaschine der 1ten Art, wie sie in voriger Antwort beschrieben ist, in Thätigkeit zu setzen?

Antwort. Um eine Holtzsche Influenzmaschine der 1ten Art, wie sie in voriger Antwort beschrieben ist, in Thätigkeit zu setzen, kann man wie folgt verfahren (siehe die Erkl. 336):

Erkl. 336. Bei der in nebenstehender Antwort angegebenen Art und Weise, wie man beim Gebrauch der durch die Figuren 65 und 66 dargestellten Influenzmaschine verfährt, ist auf den diametralen Nebenkonduktor keine Rücksicht genommen und vorausgesetzt worden, dass derselbe zurückgeschoben oder abgenommen ist, damit er keine Einwirkung auf die Maschine hat.

Ueber den Zweck dieses diametralen Konduktors findet man ausführliches in Antwort der Frage 125 und in den Erkl. 364—366.

Erkl. 337. Die Drehung der Kurbel bei der Influenzmaschine der 1ten Art hat stets so zu geschehen, dass die rotierende Scheibe sich gegen die in die freien Ausschnitte der festen Scheibe hineinragenden Pappspitzen der Belegungen bewegt.

Erkl. 338. Bei Drehung der Kurbel i in Figur 65 rotieren die Scheiben k und C in entgegengesetzten Richtungen.

Erkl. 339. Anstatt, wie in nebenstehender Antwort erwähnt, einer der Belegungen der festen Scheibe durch Anlegen einer geriebenen Harzstange etc. Elektricität mitzuteilen, kann man die Maschine auch dadurch in Thätigkeit setzen, dass man in eine der Elektroden Elektricität von einer andern Maschine, z. B. von einer gewöhnlichen Elektrisiermaschine einströmen lässt (siehe Erkl. 323).

Erkl. 340. Wie sich aus dem in Antwort der folgenden Frage erwähnten Vorgang ergibt, verliert sich die elektrische Ladung der Maschine, sobald die Elektroden über ihre Schlagweite auseinandergeschoben werden, weil die in den Elektroden sich anhäufenden entgegengesetzten Elektricitäten zu ihrer Vereinigung den Leitungswiderstand der Luft nicht mehr überwinden können, sie strömen deshalb auf die rotierende Scheibe zurück und machen sie unelektrisch (siehe Antw. der folgenden Frage 119).

Erkl. 341. Die Grösse der Entfernung, bis zu welcher die Elektroden einer Influenzmaschine der 1ten Art von einander entfernt werden können, ohne dass die Maschine ausser Thätigkeit kommt, hängt von dem Zustand der Maschine, besonders aber von dem Durchmesser der Scheiben ab. So kann z. B. bei einer 20—30 cm Durchmesser enthaltenden Scheibe die Schlagweite auf 8—10 cm, bei einer 50 cm Durchmesser enthaltenden Scheibe aber bis auf 30 cm steigen.

Erkl. 342. Bringt man die Elektroden wieder miteinander in Berührung, bevor die Drehung aufhört, so kann man oft nach $^1/_2$ bis 1 Stunde die Maschine wieder in Thätigkeit setzen, ohne

Zunächst bringe man die Saugvorrichtungen r und p dadurch in leitende Verbindung zu einander, dass man mittels der isolierenden Handgriffe u und v die Elektroden s und t soweit zusammenschiebt, dass sie sich berühren; dann versetze man mittels Drehung der Kurbel i, bezw. der Scheibe k, die Scheibe C in rasche Rotation und zwar in der durch die Pfeile (siehe Figur 65) angegebenen Richtung, welche entgegengesetzt den Spitzen der Belegungen c und d ist (siehe die Erkl. 337 u. 338), und teile gleichzeitig einer der Belegungen c und d der festen Scheibe B Elektricität mit (siehe Erkl. 339). Letzteres geschieht, indem man z. B. einen mit Katzenfell geriebenen dünnen Streifen von Hartgummi oder eine geriebene Porzellanröhre an eine der Papierbelegungen anlegt. Dann entfernt man nach einigen Umdrehungen der Kurbel i die Elektroden s und t mittels der Handgriffe u und v etwas von einander.

Das Resultat dieser Gebrauchsanweisung wird sein, dass man einen stetigen Funkenstrom von der einen Elektrode zur andern übergehen sieht.

Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Elektroden s und t nicht so weit auseinandergeschoben werden dürfen, dass hierdurch die Schlagweite der Maschine überschritten wird, indem sich alsdann die elektrische Ladung sehr bald wieder verliert (siehe die Erkl. 340 und 341).

Wurde die Schlagweite überschritten und soll alsdann die Maschine aufs neue in Thätigkeit gesetzt werden, so muss man dasselbe Verfahren wiederholen. Oft gelingt es auch, wenn die Elektroden s und t wieder rasch zusammengeschoben werden, durch fortgesetztes Drehen der Maschine dieselbe wieder in Thätigkeit zu bringen (siehe Erkl. 342), dann ist aber meistens der elektrische Zustand der Maschine ein dem vorhergegangenen entgegengesetzter, indem die Elektrode, welche vorher $+E$ zeigte, nunmehr $-E$ zeigt und umgekehrt (siehe die Erkl. 343—346).

vorher einer der Belegungen wieder Elektricität mitteilen zu müssen.

Erkl. 343. Setzt man in der durch die Figur 65 dargestellten Influenzmaschine die mit 2 Elementen (mit 4 Belegungen) versehene und durch die Figur 67 dargestellte Scheibe ein, so muss man bei dem Gebrauch der hiernach in andrer Form dargestellten Maschine die leitende Verbindung zwischen p und q aufheben (siehe Erkl. 331), dafür aber den Konduktor xy mit dem Konduktor q in leitende Verbindung bringen. Hierdurch wird nämlich (siehe Erkl. 350) die in die Belegungen c_1 und d_1 (siehe Figur 67) abströmende $+E$ in q vereinigt. Werden auch noch die Saugkämme p und r metallisch verbunden, so vereinigt sich die in die Belegungen c und d abströmende $-E$ auf dem Konduktor o.

Erkl. 344. Benutzt man bei einer Influenzmaschine der 1ten Art eine Scheibe von 4 Belegungen, bezw. von 2 Elementen (siehe Erkl. 343), so liefert die Maschine mehr Elektricität, die Schlagweite ist aber eine geringere, als wenn man bei derselben Maschine eine Scheibe mit nur einem Element benutzt.

Erkl. 345. Die Wirkung einer Influenzmaschine hängt besonders ab von der Isolationsfähigkeit der Scheiben, indem sich z. B. auf der rotierenden Scheibe in nächster Nähe entgegengesetzte Elektricitäten von grosser Dichte ansammeln. Die Wirkung hängt ferner ab von der Güte der Isolation der Konduktoren, bezw. der mit ihnen verbundenen Saugkämme (siehe auch Erkl. 346).

Erkl. 346. Ist eine Scheibe längere Zeit im Gebrauch, so zersetzt sich die Firnisschicht, was man an den dunkeln Linien auf der Scheibe erkennt, und die Scheibe verliert dadurch ihre Isolationsfähigkeit. Deshalb muss der Firnis auf der Scheibe von Zeit zu Zeit erneuert werden.

Frage 119. Worin besteht der Vorgang, welcher bei einer nach voriger Antwort in Thätigkeit gesetzten Holtzschen Influenzmaschine der 1ten Art stattfindet?

Antwort. Zur Erklärung des Vorgangs, welcher bei einer nach voriger Antwort in Thätigkeit gesetzten Influenzmaschine stattfindet, mag folgendes dienen:

Bei der durch die Figur 65 dargestellten Holtzschen Influenzmaschine, wie solche von *Borckhardt* in Hannover gebaut wurde, wirkt die der Belegung d durch den mit Pelz geriebenen Hartgummistab (Harzstab) mitgeteilte $-E$, durch die drehbare Scheibe C hindurch, verteilend (influenzierend) auf die dieser Be-

legung gegenüberstehende Saugvorrichtung p und auf den mit derselben in metallischer Verbindung stehenden Konduktor q. Die hierdurch auf dem mit Spitzen versehenen Sauger p hervorgerufene Influenzelektricität der 1ten Art, welche hier $+E$ ist, strömt infolgedessen aus den Spitzen auf die drehbare Scheibe C über, auf welcher sie teilweise von der $-E$ der Belegung d gebunden wird, und macht die Glasscheibe C, welche ein Isolator ist, an dieser Stelle durch Mitteilung $+$ elektrisch, während sich die Influenzelektricität der 2ten Art, welche hier $-E$ ist, über den Konduktor q, die Elektrode t, über die mit ihr in Berührung stehende Elektrode s (siehe Antwort der Frage 118), über den Konduktor o und von da über den Sauger r verbreitet, daselbst ansammelt und bei Drehung der Scheibe C auf dieselbe überströmt.

Erkl. 347. Das Ausströmen der $+E$ aus den Spitzen des Saugers p auf die Scheibe C, siehe die Figuren 65 und 66, zeigt sich im Dunkeln in Form von Lichtbüschelchen, welche an der rotierenden Scheibe heraufströmen, siehe die Figur 69.

Das Ausströmen der $-E$ aus den Spitzen des Saugers r auf die Scheibe C, siehe die Figur 69, zeigt sich im Dunkeln in Form von leuchtenden Pünktchen, welche an den Spitzen des Saugers r auftreten.

Würde nun die Scheibe C ruhig stehen bleiben, so würden bald die Stellen der Scheibe C, welche durch Mitteilung $+$, bezw. $-$ elektrisch wurden, wieder unelektrisch werden und die ganze Maschine würde keine Spur von Elektricität mehr zeigen. Wird hingegen die Scheibe C in rotierende Bewegung gesetzt, so ist der Vorgang in weiterem folgender: Während der Rotation der Scheibe C kommen stets andre Stellen dieser Scheibe den Saugspitzen bei p gegenüberzustehen und es kann fortwährend $+E$ aus den Saugspitzen bei p auf die Glasscheibe C überströmen. Es wird also bei einer halben Umdrehung der Scheibe C ein ringförmiger Streifen des unteren Teils dieser Scheibe C mit $+E$ und ein andrer ringförmiger Streifen des oberen Teils der Scheibe C mit $-E$ geladen.

Erkl. 348. Bei der nebenstehend entwickelten Theorie über die Influenzmaschine ist von der influenzierenden Wirkung, welche die in den Belegungen der festen Scheibe angesammelten Elektricitäten auf die Scheibe C selbst ausüben, abgesehen worden. Die Scheibe C geht so rasch an den Belegungen vorüber und wechselt ausserdem so rasch (bei jeder halben Umdrehung) die auf ihr enthaltenen Elektricitäten, dass nicht anzunehmen ist, dass die Belegungen einen bedeutenden influenzierenden Einfluss auf die Scheibe C, welche ausserdem ein Isolator ist, ausüben.

Nun ist aber zu beachten, dass ehe der $+$ elektrische Teil der Scheibe C den $-E$ ausströmenden Spitzen des Saugers r gegenüberzustehen kommt, derselbe an dem Ausschnitt a der festen Glasscheibe B vorbeigehen muss und dass, weil in diesem Augenblick die bindende Gewalt dieser Scheibe aufhört, indem dieselbe an dieser Stelle ausgeschnit-

ten ist, und weil sich in diesem Ausschnitt, wie in Antwort der Frage 118 erwähnt, die in denselben hineinragende, mit Stanniol beklebte Pappspitze der Belegung *c* der festen Scheibe *B* befindet, welche Spitze der beweglichen Scheibe zugekehrt ist, die $+E$ der hier vorbeigehenden Teile der Scheibe *C* verteilend auf die Belegung *c* wirken, infolgedessen die von der $+E$ angezogene Influenzelektricität der 1ten Art, welche $-E$ ist, aus der Pappspitze auf die Rückseite der Scheibe *C* strömt, während die Belegung *c* mit der abgestossenen Influenzelektricität der 2ten Art, welche $+E$ ist, geladen wird. Die auf der Belegung *c* der festen Scheibe *B* somit angesammelte $+E$ wirkt auf die ihr gegenüberstehenden Spitzen des Saugers *r* verteilend, indem sie die Influenzelektricität der 1ten Art, hier $-E$, anzieht und somit die schon früher erwähnte Ausströmung der $-E$ aus den Spitzen des Saugers *r* auf die Scheibe *C* begünstigt, bezw. hervorruft, während sie die Influenzelektricität der 2ten Art, hier $+E$, zurück, über *o*, *s*, *t* und *q*, nach den Spitzen des Saugers *p* treibt und hier das schon früher erwähnte Ausströmen von $+E$ auf die Scheibe *C* begünstigt, bezw. unterhält.

Ehe ferner der — elektrische Teil der Scheibe *C* den $+E$ ausströmenden Spitzen des Saugers *p* gegenüberzustehen kommt, muss derselbe an dem Ausschnitt *b* vorbeigehen; weil sich nun in diesem Ausschnitt eine in denselben hineinragende Pappspitze der Belegung *d* der festen Scheibe *B* befindet, welche Spitze der beweglichen Scheibe *C* zugekehrt ist, so wirkt die $-E$ der hier vorbeigehenden Teile der Scheibe *C* verteilend auf die Belegung *d* der festen Scheibe *B*; die hierdurch erregte Influenzelektricität der 1ten Art, welche $+E$ ist, wird angezogen und strömt auf die hintere Seite der Scheibe *C* über, während die hierorts erregte Influenzelektricität, welche $-E$ ist, auf der Belegung *d* zurückbleibt und die — elektrische Ladung dieser Belegung verstärkt; infolgedessen wirkt nunmehr die

Erkl. 349. *Riess* hat eine andre Theorie über die Influenzmaschine aufgestellt, die sich aber nur dadurch von der in nebenstehender Antwort gegebenen Theorie unterscheidet, dass *Riess* die influenzierende Wirkung auf die rotierende Scheibe *C*, welche ein Isolator ist, als Ausgangspunkt seiner Theorie wählte (siehe Erkl. 348). Seine Theorie beruht demnach auf einer Doppelinfluenz, nämlich auf der Influenz der elektrisierten Papierbelegung auf die Saugkämme und auf die rotierende Scheibe. Diese Theorie von *Riess* suchte *Bezold* zu widerlegen. (Ausführliches hierüber findet man in Poggend. Ann. Bd. 131: Ueber die Doppelinfluenz von Riess.)

Erkl. 350. Wird bei den durch die Figuren 65 und 68 dargestellten Influenzmaschinen eine Scheibe mit 2 Elementen, siehe Figur 67 und die Erkl. 343, eingesetzt, so wird bei der in Thätigkeit gesetzten Maschine aus den Spitzen bei *p* und *r* $+E$, aus den Spitzen bei *z* und z_1 $-E$ auf die feste Scheibe strömen. Von den Belegungen *c* und *d* wird also $-E$ abgestossen, welche sich in dem einen der Konduktoren *s* und *t* ansammelt, während von den rechtwinklig hierzu stehenden Belegungen c_1 und d_1 $+E$ abgestossen wird, welche sich in dem andern jener Konduktoren ansammelt.

auf der Belegung d angehäufte — E in verstärktem Masse influenzierend auf die noch in gegenseitiger Berührung befindlichen Konduktoren s und t als zu Anfang vor dieser ersten Rotation der Scheibe C. Hieraus ergibt sich, dass durch fortgesetzte Rotation der Scheibe C die — elektrische Ladung der Belegung d und die durch Influenz hervorgerufene + elektrische Ladung der Belegung c verstärkt wird. Diese Verstärkung der elektrischen Ladungen der Belegungen d und c, welche Multiplikationsprozess genannt wird, kann allerdings nur bis zu einer gewissen Grenze geschehen, die abhängig ist von der Güte der Isolatoren.

Erkl. 351. Wie sich aus der nebenstehend entwickelten Theorie der Influenzmaschine ergibt, vertritt die drehbare Scheibe C die Rolle eines Elektricitätsträgers (Elektrophors), der an den Stellen, welche zwischen den Papierbelegungen der festen Scheibe und den Saugkämmen vorbeigehen, stets zwei mit den betreffenden Papierbelegungen gleichnamige elektrische Stellen hat, auf welchen die Dichtigkeit der Elektricität sehr gross ist und durch welche die influenzierende Wirkung auf die Konduktoren bedingt, bezw. verstärkt wird.

Hieraus ergibt sich, dass die Influenzmaschine fast identisch mit dem Elektrophor ist, wenn man sich die rotierende Scheibe als den Harzkuchen und die Saugkämme als den Elektrophordeckel denkt. Der Unterschied beider Apparate besteht nur in der Art der Elektricitätserregung (siehe Erkl. 352).

Aus diesem soweit erklärten Vorgang, welcher bei einer in Thätigkeit gesetzten Influenzmaschine stattfindet, ergibt sich ferner, dass die metallische Leitung von dem Sauger r bis zu dem Sauger p sozusagen von zwei kontinuierlichen, entgegengesetzten elektrischen Strömen durchflossen wird, von welchen der positive Strom in der Richtung von dem Sauger r zu dem Sauger p durch die soeben erwähnte metallische Leitung fliesst, während der negative Strom in entgegengesetzter Richtung, nämlich von dem Sauger p zu dem Sauger r durch jene metallische Leitung fliesst. Dass dies der Fall ist, erkennt man wie folgt: Entfernt man mittels der isolierenden Handgriffe u und v, siehe die Figuren 65 und 66, die sich berührenden Kugeln s und t etwas von einander, so sammeln sich die durch die Maschine erregten entgegengesetzten und entgegenströmenden Elektricitäten in den Kugeln s und t an, überwinden infolge des Bestrebens einer Vereinigung den Leitungswiderstand der zwischen beiden befindlichen Luftschicht, wenn derselbe entsprechend der Leistungsfähigkeit der Maschine nicht zu gross ist und es entsteht dadurch ein ununterbrochener Funkenstrom. Wird hierbei die Entfernung der Kugeln s und t so gross gemacht, dass die Spannung der in den Kugeln s und t sich ansammelnden Elektricitäten den Leitungswiderstand der zwischen den Kugeln befindlichen grös-

Erkl. 352. Aus dem in nebenstehender Antw. erwähnten Vorgang bei der Influenzmaschine ergibt sich, dass der bei dem Elektrophor (siehe Antw. der Frage 96) in getrennten Akten stattfindende Vorgang bei der Influenzmaschine in einen einzigen kontinuierlichen Akt verwandelt ist; dass ferner aber bei der Influenzmaschine die vom verteilenden Körper abgestossene Elektricität zur Wirkung kommt, während dies bei dem Elektrophor umgekehrt ist.

seren Luftschicht nicht überwinden kann, so hört die kontinuierliche Aufeinanderwirkung der durch Influenz erregten entgegengesetzten Elektricitäten, wie sie in vorstehendem dargelegt ist, auf. Die — E strömt nämlich zurück auf die Teile der beweglichen Scheibe, welche vorher + elektrisch waren und macht dieselben — elektrisch; gleichzeitig wirkt sie aber auch auf die Belegung d, die vorher — E zeigte, influenzierend, so dass die auf ihr enthaltene — E aus der Pappspitze ausströmt. Aehnlich geschieht es mit der $+E$, welche auf die Belegung c zurückströmt.

Hieraus ist es auch erklärlich, warum in Fällen, in welchen die Dichtigkeit der auf den Elektroden s und t sich ansammelnden und überströmenden Elektricitäten sehr gross ist, ein Umelektrisieren der Belegungen stattfinden kann, wenn die Kugeln s und t über die angegebene Grenze auseinandergezogen, dann aber rasch einander zugeführt werden (siehe die Erkl. 347—352).

Frage 120. Wodurch kann man die beim Gebrauch einer Influenzmaschine der 1ten Art durch Ueberschreitung der Schlagweite der Maschine hervorgerufene Unterbrechung der kontinuierlichen Stromerzeugung verhindern?

Antwort. Um die durch Ueberschreitung der Schlagweite einer Influenzmaschine der 1ten Art entstehende, während des Experimentierens oft unangenehme Unterbrechung der kontinuierlichen Stromerzeugung zu verhindern, kann man nach den Angaben von *Holtz* eine Vorrichtung anbringen, wie sie bei den durch die Figuren 65 und 68 dargestellten Influenzmaschinen vorgesehen ist. Diese Einrichtung besteht in folgendem:

In Figur 65 ist, wie schon in Antwort der Frage 117 erwähnt, an dem Hartgummistück h ein vertikaler Stab mit den Konduktoren x und y, welche mit den Saugern z und z_1 in metallischer (leitender) Verbindung stehen, eingeschoben. Die Saugkämme z und z_1 können beliebig der Scheibe C genähert und von derselben entfernt werden.

Für den gedachten Zweck werden, ehe

die Scheibe C in Rotation versetzt wird, die Sauger z und z_1 bis nahe an die rotierende Scheibe C geschoben und es wird ferner der Konduktor x mit der Elektrode t und der Konduktor y mit der Elektrode s je durch einen Metallbügel leitend verbunden.

Im Falle nun die Elektroden s und t so weit auseinander gebracht werden, dass sich die $+E$, welche von r über s nach t zu strömt, mit der $-E$, welche von p über q nach s zu strömt, nicht mehr vereinigen kann, dass also der Weg, auf welchem die $+E$ von r über s, t und p, und auf welchem die $-E$ von p über t, s und r strömt, vollständig unterbrochen ist und sich infolgedessen die Scheibe C bei p nicht mehr genügend mit $+E$, bei r nicht mehr genügend mit $-E$ laden kann, so geht, wenn die Sauger z und z_1 dicht an die Scheibe C herangeschoben sind, also sich wirksam zeigen können, die bei p abgestossene $-E$ über t und von da über die metallische Verbindung, welche zwischen dem Konduktor t und dem Nebenkonduktor x hergestellt wurde, auf den Sauger z über und strömt dort aus den Spitzen auf die Scheibe C, während die bei r abgestossene $+E$ über s und von da über die metallische Verbindung, welche zwischen dem Konduktor s und dem Nebenkonduktor y hergestellt wurde, auf den Sauger z_1 übergeht und dort aus den Spitzen auf die Scheibe C strömt. Der kontinuierliche Strom der beiden entgegengesetzten erregten Elektricitäten bleibt also bei Benutzung der Nebenkonduktoren x und y bestehen und man kann durch Wiedernähern der Elektroden s und t die frühere Thätigkeit der Maschine sofort wieder herstellen.

Erkl. 353. Bei der durch die Figur 68 dargestellten Holtzschen Influenzmaschine der 1ten Art, wie sie von *Wesselhöft* gebaut wird, ist statt der in nebenstehender Antwort beschriebenen Vorrichtung der von *Holtz* angegebene sogen. Neben-, Hülfs-, diametrale oder schräge Konduktor angebracht, der abgenommen werden kann und wie die nebenerwähnte Vorrichtung seinem Wesen nach aus zwei leitend verbundenen Saugkämmen besteht (siehe auch Antw. der Frage 125 und die Erkl. 364—366).

Frage 121. Wie verfährt man bei dem Gebrauch einer Influenzmaschine, um statt eines kontinuierlichen Funkenstroms möglichst kräftige elektrische Funken zu erhalten?

Antwort. Um bei Benutzung einer Influenzmaschine statt des kontinuierlichen Funkenstroms möglichst kräftige einzelne Funken zu erhalten, verfährt man auf folgende Weise:

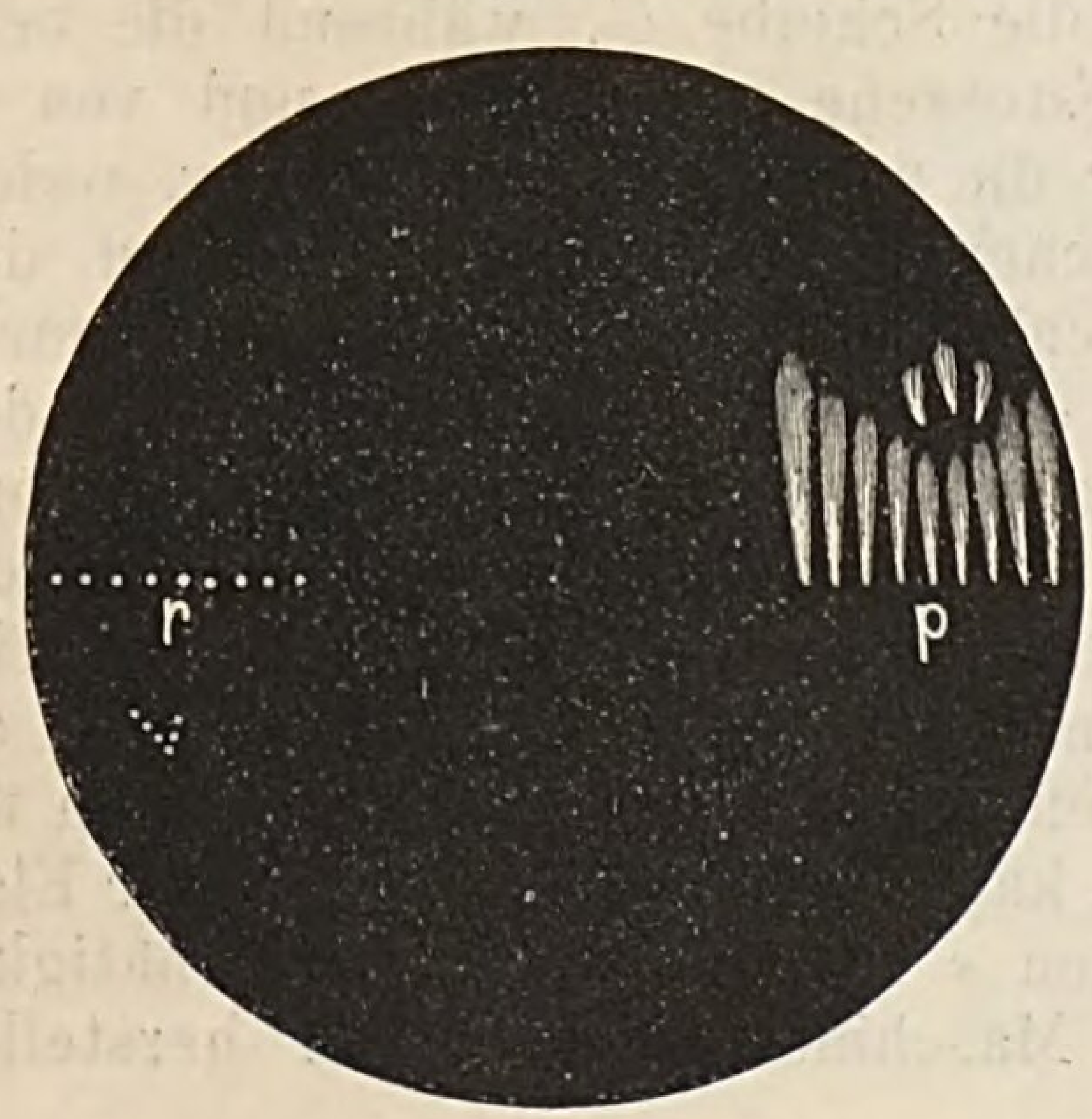
Man stellt, siehe Figur 65, vor die die Hülsen α und β tragenden Säulchen der Influenzmaschine zwei gleichgrosse Leydener Flaschen auf und verbindet mittels zweier Drähte, welche durch Klemmschrauben an den die Hülsen α und β tragenden Säulchen befestigt sind, die innere Belegung der einen Flasche mit der Elektrode t und die innere Belegung der andern Flasche mit der Elektrode s. Dann verbindet man noch die äusseren Belegungen beider Flaschen leitend durch einen Metalldraht und setzt hierauf die Maschine in Thätigkeit. Entfernt man alsdann die Konduktoren s und t von einander, so springen zwischen denselben kräftige Funken über (siehe die Erkl. 354 und 355).

Erkl. 354. Statt der Leydener Flasche kann man auch irgend einen andern Ansammlungsapparat (Kondensator), z. B. eine elektrische Batterie zur Erzielung kräftiger Funken benutzen. Ausführliches über die Ansammlungsapparate, Leydener Flasche etc. findet man in späteren Abschnitten.

Erkl. 355. Will man mittels der durch die Figur 65 dargestellten Influenzmaschine eine Leydener Flasche oder eine elektrische Batterie etc. laden, so befestigt man mittels der Klemmschrauben, welche an den die Hülsen α und β tragenden Säulchen angebracht sind, zwei Metalldrähte, bringt den einen dieser Metalldrähte mit der inneren Belegung, den andern mit der äusseren Belegung der Leydener Flasche in Verbindung; dann zieht man die Hülsen α und β in die Höhe, bis sie in leitender Verbindung mit den Elektroden s und t zu stehen kommen und setzt die Maschine in Thätigkeit. Auf diese Weise kann man eine grosse elektrische Flasche oder eine elektrische Batterie sehr rasch laden.

Frage 122. Durch welches Experiment kann man darthun, dass der bei einer in Thätigkeit gesetzten Influenzmaschine stattfindende Vorgang im allgemeinen derjenige ist, wie er in Antwort der Frage 119 vorgeführt wurde?

Figur 69.



Erkl. 356. Wie in einem späteren Abschnitt gezeigt wird, entstehen da, wo aus Spitzen $+E$ ausströmt, starke Lichtbüschel, während da, wo aus Spitzen $-E$ ausströmt, nur schwache Lichtpunkte entstehen; hiernach kann man auf die Art der ausströmenden Elektricität schliessen. Bei der Erscheinung der Lichtbüschel und des negativen Glimmlichts kann man auch den elektrischen Wind beobachten, welcher von den Spitzen kommend zur Scheibe weht.

Antwort. Dass der bei einer in Thätigkeit gesetzten Influenzmaschine stattfindende Vorgang im allgemeinen derjenige ist, wie er in Antwort der Frage 119 vorgeführt wurde, kann man durch folgende Experimente darthun:

Bringt man die Influenzmaschine in ein dunkles Kabinett und setzt dieselbe in Thätigkeit, so wird man, wenn sich die Elektroden s und t berühren und die Nebenkonduktoren x und y zurückgeschoben werden, also unwirksam sind, gegenüber den Spitzen bei p, ebenso gegenüber der Pappspitze der Papierbelegung d, an der rotierenden Scheibe hinaufströmende Lichtbüschel sehen, wie die Figur 69 zeigt, während man gegenüber den Spitzen bei r und gegenüber der daselbst befindlichen Pappspitze der Papierbelegung c nur Lichtpünktchen auftreten sieht. Nach der Erkl. 356 offenbaren jene Lichtbüschel ausströmende $+E$, während die Lichtpünktchen ausströmende $-E$ offenbaren (siehe Erkl. 357).

Bringt man die Nebenkonduktoren x und y dicht an die Scheibe C, so sieht man, wie die Figur 70 zeigt, auch gegenüber den Spitzen bei z Lichtbüschel, ein Beweis von ausströmender $+E$, wäh-

Erkl. 357. Die in Antwort der Frage 118 erwähnte Umkehrung des in den Elektroden erregten Stroms, wenn man die Elektroden über ihre Schlagweite auseinanderzieht, kann man durch die Lichterscheinungen wie folgt nachweisen:

Zieht man die Elektroden *s* und *t* über ihre Schlagweite auseinander, so nimmt man im Dunkeln die Erscheinung wahr, dass die Lichtpünktchen bei *r*, siehe die Figuren 65 und 69, in nach unten gerichtete kleine Lichtbüschel übergehen und dass sich die Lichtbüschel bei *p* auf kleine, oft kaum sichtbare Lichtpünktchen reduzieren. Schiebt man die Elektroden *s* und *t* wieder zusammen, so werden die Lichtbüschelchen bei *r* wieder kräftiger und die Lichtpünktchen bei *p* lassen sich deutlicher erkennen, genau wie vor der Ueberschreitung der Schlagweite.

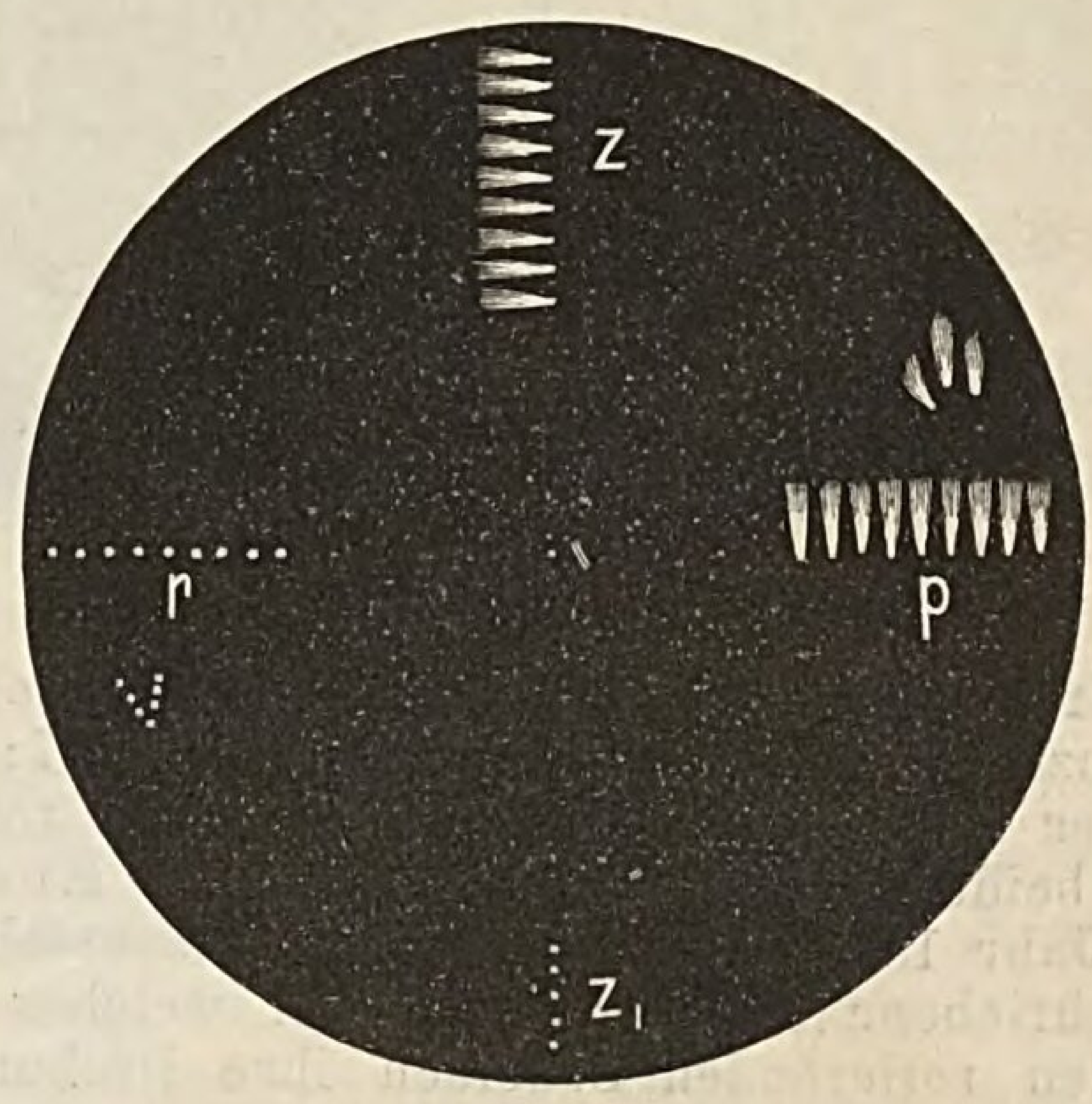
Bei diesen Experimenten ist es vorteilhaft, wenn man die Maschine, wie in voriger Antwort erwähnt, mit zwei Leydener Flaschen in Verbindung bringt, da alsdann nach dem Auseinanderziehen der Elektroden über die Schlagweite und dem darauffolgenden Zusammenschieben derselben eine jedesmalige Umkehrung des Stroms beobachtet werden kann.

Erkl. 358. Nach den in nebenstehender Antwort erwähnten Experimenten ergibt sich, dass die Influenzmaschinen sehr geeignet dazu sind, um den Unterschied der beiden Elektricitäten erkennen zu lassen.

rend man bei z_1 schwache Lichtpünktchen, ein Beweis von ausströmender $-E$, sieht. Die in letzterem Fall erscheinenden Lichtbüschel sind, wie die Figuren 69 und 70 zeigen, bedeutend schwächer als die Lichtbüschel, welche sich in ersterem Fall zeigten.

Zieht man die Elektroden *s* und *t* über ihre Schlagweite auseinander, so wird man die Wahrnehmung machen, dass die Lichtpünktchen bei *r* fast ganz verschwinden, die Büschel bei *z* in Lichtpünktchen übergehen und die Lichtbüschel bei *p* wieder kräftiger hervortreten, wie in der Figur 69 gezeigt ist.

Figur 70.



Frage 123. Worin besteht die Einrichtung einer Holtzschen Influenzmaschine der 2^{ten} Art?

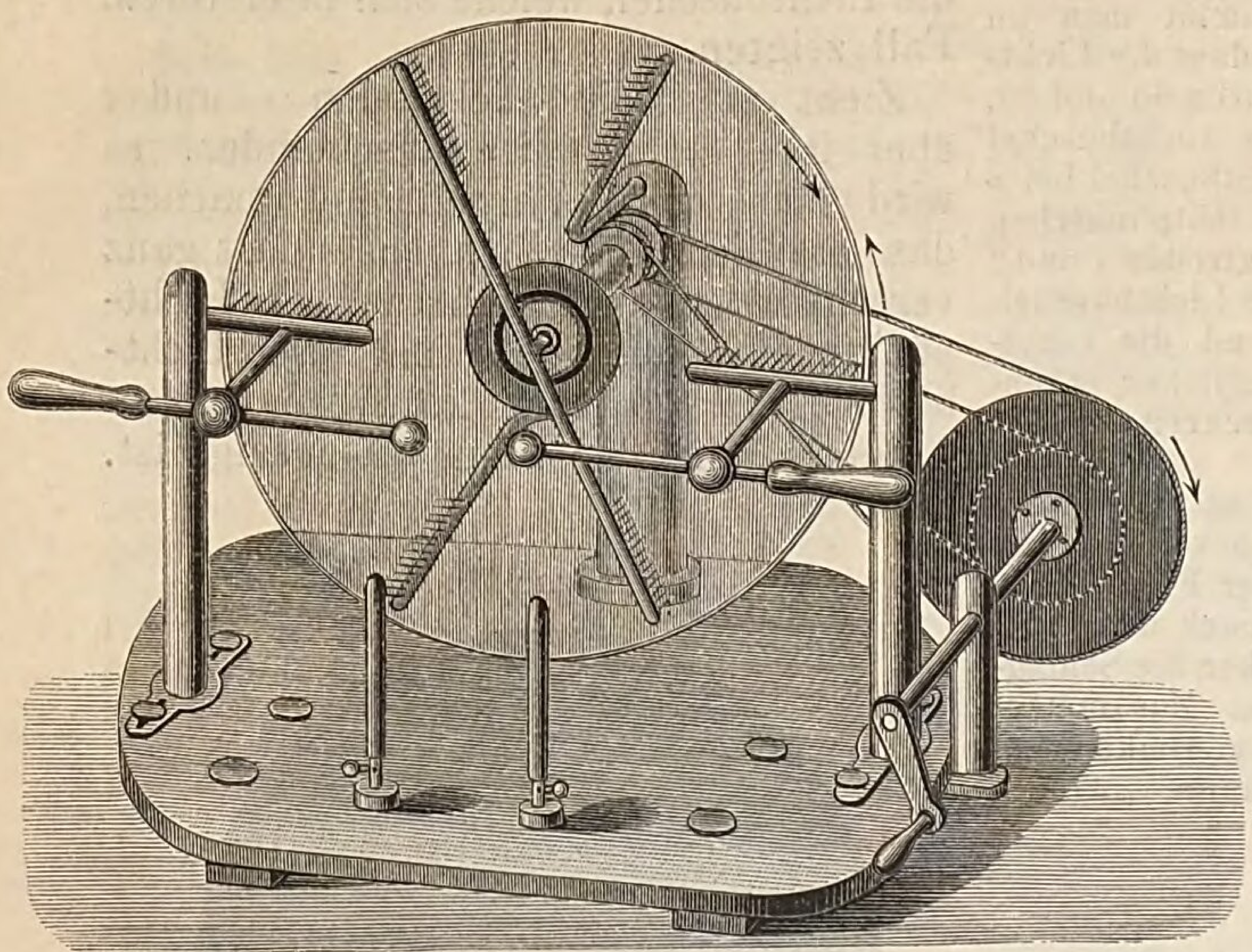
Antwort. Die Einrichtung einer Holtzschen Influenzmaschine der 2^{ten} Art besteht im allgemeinen in folgendem:

Gegenüber der vorderen Seite der vorderen Vertikalscheibe befinden sich, siehe Figur 71, zwei von Ebonitsäulen getragene horizontale Kämme, die analog wie in den Figuren 65 und 68 mittels der Elektroden nach Belieben in leitende Verbindung gebracht werden können. Gegenüber der hinteren Seite der hinteren Scheibe befinden sich zwei vertikale Kämme, die an einem verstellbaren Metallbogen angebracht sind und infolgedessen auch in andre Lagen gebracht werden können. Letztere, in der Regel vertikal stehende Kämme

Erkl. 359. Die Holtzsche Influenzmaschine mit zwei entgegengesetzt rotierenden Scheiben wird im Gegensatz zu derselben Maschine mit nur einer rotierenden und einer ruhenden Scheibe Influenzmaschine 2^{ter} Art genannt, letztere Influenzmaschine 1^{ter} Art.

sind durch den erwähnten Metallbogen leitend verbunden, können jedoch durch Ausheben des Mittelstücks des Bogens von einander isoliert werden. Ferner ist noch gegenüber der vorderen Seite der vorderen Scheibe ein verstellbarer diametraler (schräger) Konduktor angebracht, welcher ebenfalls zwei Kämme hat. Da die Kämme, welche der vorderen Scheibe gegenüberstehen, nur die Elektricität aufsaugen, welche auf der vorderen Seite dieser Scheibe erregt wird, so kommt bei dieser Anordnung der Kämme nur die auf der vorderen Seite dieser Scheibe erregte Elektricität zur Benützung. Die beiden entgegengesetzt rotierenden Scheiben tragen gar keine Reibzeuge.

Figur 71.



Die entgegengesetzte Rotation der beiden Scheiben einer Holtzschen Influenzmaschine der 2ten Art wird durch eine einzige Treibschnur wie folgt bewerkstelligt:

In Figur 72 stellt *a* zwei sich umhüllende Hülsen dar, welche die Glasscheiben der Maschine tragen; auf diesen Hülsen sind die gleichgrossen (in der Figur etwas verschieden gross gezeichneten) Rollen *b* und *c* befestigt. *d* und *f* sind zwei verschieden grosse Rollen, von welchen die eine auf der Kurbelaxe, die andre auf der die Kurbelaxe umschliessenden Hülse *A* befestigt ist. Ueber die vier Rollen ist eine einzige Treibschnur gespannt, wie die Figur 72 zeigt. Setzt man die Kurbelaxe durch Drehen der Kurbel in Bewegung, so drehen sich die Rollen *d* und *f* in gleichem Sinn wie die Pfeile andeuten, während sich die Rollen *b* und *c* und mit ihnen die Glasscheiben in entgegengesetztem Sinn drehen (siehe Erkl. 361).

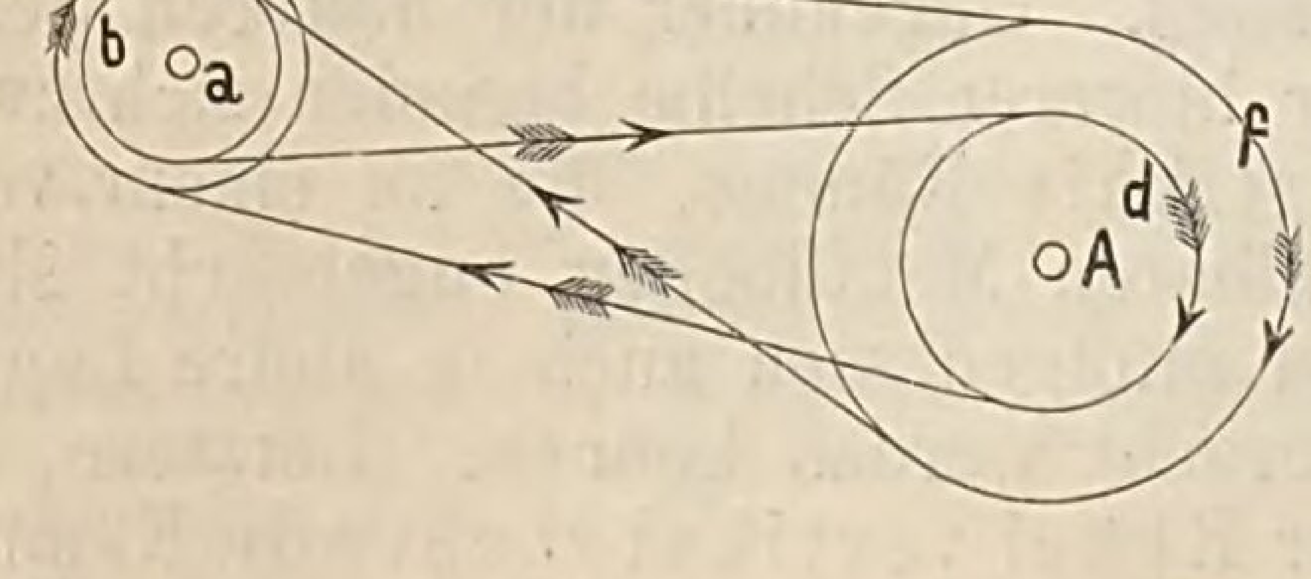
Erkl. 360. *W. Holtz* beschrieb seine Influenzmaschine der 2ten Art im Jahr 1867; bei dieser von ihm beschriebenen Maschine rotierten beide Scheiben in horizontaler Ebene. Im Jahr 1869 führte *Holtz* die nebenstehend beschriebene Maschine vor, bei welcher die beiden rotierenden Scheiben ihre Drehungen in vertikaler Ebene machten.

Ueber die erstere findet man näheres in Annal. d. Phys. u. Chem. Bd. 130, Seite 128 und 170.

Die nebenstehende Beschreibung ist der Abhandlung *Poggendorffs* (siehe Poggend. Ann. Bd. 150, Seite 1) entnommen.

Erkl. 361. Die nebenstehend erwähnte und durch die Figur 72 dargestellte Vorrichtung an der Holtzschen Influenzmaschine der 2ten Art wurde von *Borkhardt* in Hannover erdacht.

Figur 72.



Frage 124. Worin besteht der Vorgang, welcher bei der in voriger Antwort beschriebenen und in Thätigkeit gesetzten Holtzschen Influenzmaschine der 2ten Art stattfindet?

Antwort. Der Vorgang bei der in voriger Antw. beschriebenen Holtzschen Influenzmaschine der 2ten Art ist nach *Poggendorff* (siehe Poggend. Ann. Bd. 150, Seite 1) folgender:

Denkt man sich den vorderen schrägen Konduktor weg, die Elektroden in Berührung gebracht, einem der Metallkämme eine geriebene Ebonitplatte gegenüber gehalten (siehe Erkl. 361) und die Scheibe in Rotation versetzt, so wird die — *E* des Ebonits influenzierend auf die ihr gegenüberstehenden Teile der beiden Glasscheiben und auf die Metallkämme wirken, auf letztere jedoch überwiegend stärker als auf die ersteren, da dieselben gute Leiter, erstere Isolatoren sind. Berücksichtigt man deshalb nur die influenzierende Wirkung auf die Metallkämme, so findet folgendes statt:

Durch die — *E* des Ebonits wird die in dem betreffenden Metallkamm hervorgerufene Influenzelektricität der 1ten Art, nämlich die + *E* angezogen und aus den Spitzen des Metallkamms auf die Scheibe überströmen, während die Influenzelektricität der 2ten Art, nämlich die in jenem Metallkamm hervorgerufene — *E* abgestossen, in den andern diametral gegenüberstehenden Kamm getrieben wird und dort aus den Spitzen auf dieselbe Scheibe überströmt.

Durch weiteres Drehen der vorderen Scheibe wird die durch Influenz hervorgerufene Trennung der beiden Elektricitäten in den durch die Elektroden in leitende Verbindung gebrachten beiden horizontalen Metallkämmen unterhalten und verstärkt, indem die Spitzen eines jeden Kamms fortwährend den von dem andern Kamm herkommenden und mit entgegengesetzter Elektricität geladenen Teilen jener Scheibe gegenüberzustehen kommen. Auf diese Weise bleibt stets die eine Hälfte (die obere Hälfte) der vorderen Scheibe mit + *E*, die untere Hälfte mit — *E* geladen.

Diese auf der vorderen Seite der vorderen Scheibe stets erregten Elektricitäten wirken nunmehr influenzierend auf

Erkl. 362. Die Holtzsche Influenzmaschine der 2ten Art kann ebenso wie die der 1ten Art durch Einströmen von Elektricität in die Elektroden in Thätigkeit gesetzt werden.

Erkl. 363. Was zwischen den Scheiben vor sich geht, ist nicht in Betracht gezogen, da der elektrische Zustand der beiden Innenflächen der rotierenden Scheiben scheinbar keinen grossen Einfluss hat.

die vertikalen Metallkämme, die hinter der hinteren Scheibe sich befinden, und bewirken, dass in dem angenommenen Falle der obere jener Kämme stets $-E$, der untere stets $+E$ abgibt. Somit wird, in analoger Weise wie vorhin angegeben, die hintere Seite der hinteren Scheibe auf ihrer linken Seite stets mit $-E$, auf ihrer rechten Seite stets mit $+E$ geladen werden. Von diesem Moment an ist die erregende Ebonitplatte überflüssig, da ihre Funktion durch die Influenzwirkung der Hinterfläche auf die vorderen Kämme nicht nur doppelt ersetzt, sondern auch fortwährend unterhalten wird, so lange als die Scheiben rotieren.

Zieht man die Elektroden auseinander, so wird der elektrische Strom, welcher von der einen Elektrode auf die andre überströmt, geschwächt; infolgedessen wird auch der Strom in dem hinteren, meistens vertikal gestellten Bogen abnehmen und schliesslich wird bei Ueberschreitung der Schlagweite die Maschine ähnlich wie die Influenzmaschine der 1ten Art ihre elektrische Ladung verlieren. Sind der Maschine Flaschen angesetzt, wie in Antw. der Frage 121 angegeben, so werden die in ihnen angehäuften Elektricitäten auf die vordere Scheibe zurückfliessen und somit eine Umkehr des Stroms bewirken.

Frage 125. Wodurch kann man die beim Gebrauch einer Influenzmaschine der 2ten Art durch Ueberschreitung der Schlagweite hervorgerufene Umkehrung des in dem Elektrodenbogen erregten elektrischen Stroms verhindern?

Erkl. 364. *Poggendorff* hat über den schrägen Konduktor bei den Holtzschen Influenzmaschinen der 1ten und 2ten Art vielfache Versuche angestellt und kam zu folgenden Resultaten:

1). Versucht man z. B. die Influenzmaschine der 2ten Art durch Influenz zu erregen, indem man entweder dem Vertikalkamm, der dem schrägen Konduktor folgt, oder dem Elektrodenkamm, der demselben Konduktor vorangeht, den geriebenen Ebonit gegenüberhält, so findet man, dass die Erregung im 1ten Fall ungleich leichter zu stande kommt als im 2ten Fall; in letzterem Fall selbst ausbleibt, wenn die Elektroden weit

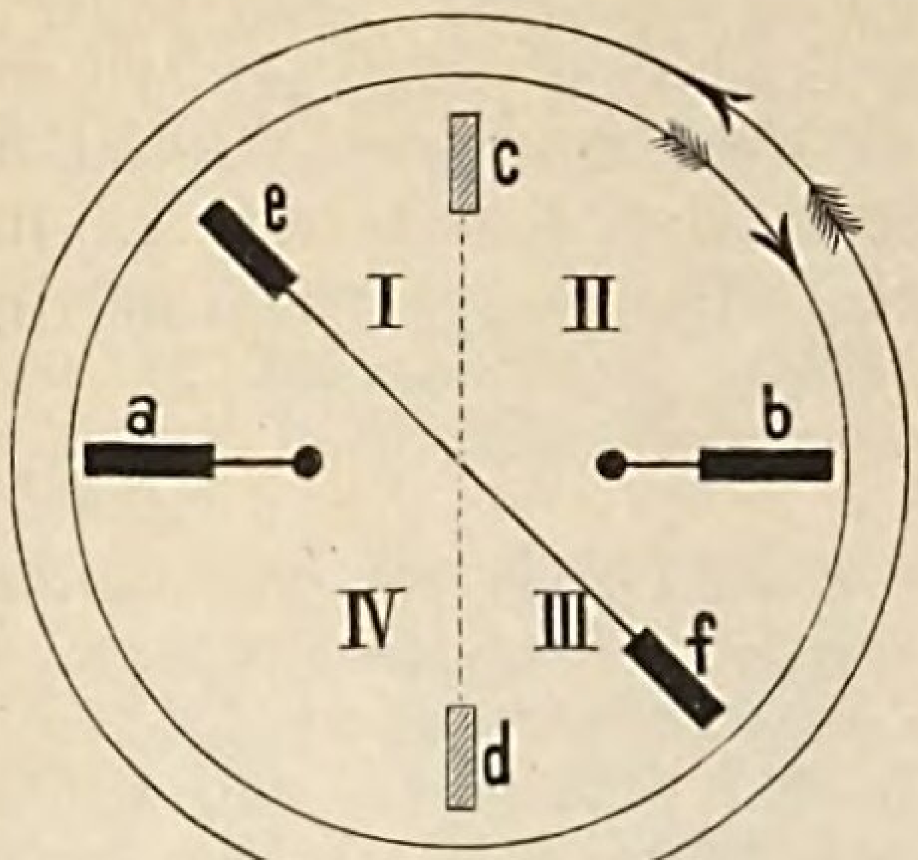
Antwort. Um bei einer Influenzmaschine der 2ten Art die durch Ueberschreitung der Schlagweite entstehende Umkehrung des erregten elektrischen Stroms in dem Elektrodenbogen zu verhindern, bezw. zu erschweren und um gleichzeitig die Schlagweite zu vergrössern, dient der bereits in Antwort der Frage 120, bezw. in der Erkl. 353 erwähnte und in der Figur 71 dargestellte schräge Konduktor, welcher der vorderen Scheibe gegenübersteht und um circa 45° gegen den Horizont geneigt ist.

Die Wirkungsweise dieses schrägen Konduktors in der angegebenen Stellung

auseinandergezogen sind, was bei dem 1ten Fall ohne Einfluss ist.

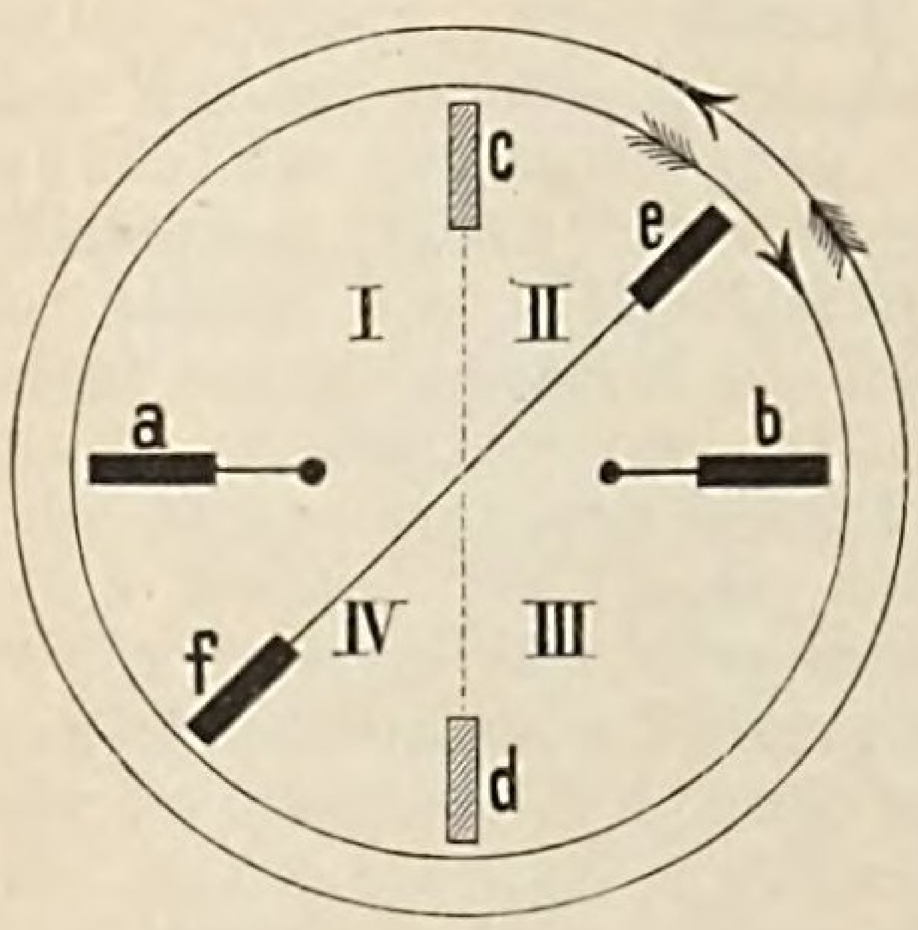
2). Bei der Influenzmaschine der 2ten Art scheint ferner die Wirkung des schrägen Konduktors in noch höherem Grade von der Reinheit der Scheibe und der Trockenheit der Luft abzuhängen als bei der Maschine der 1ten Art.

Figur 73.



3). Steht der schräge Konduktor, wie die Figur 73 zeigt und wie in nebenstehender Antwort angenommen wurde, vor dem I. und III. Quadranten und erfolgt die Drehung der Vorderscheibe im Sinne der Uhrzeigerbewegung, oder steht der schräge Konduktor vor dem II. und IV. Quadranten und erfolgt die Drehung im umgekehrten Sinn, bewegen sich also die Teile der Vorderscheibe von der nächsten Elektrode gegen ihn zuerst, so entsteht zwischen den Elektroden ein kräftiger Strom.

Figur 74.



4). Steht der schräge Konduktor, wie die Figur 74 zeigt, vor dem II. und IV. Quadranten und erfolgt die Drehung der Vorderscheibe im Sinne der Uhrzeigerbewegung, oder steht der schräge Konduktor vor dem I. und III. Quadranten und erfolgt die Drehung im umgekehrten Sinn, bewegen sich also die Teile der Vorderscheibe von der entferntesten Elektrode gegen ihn zuerst, so ist der Strom zwischen den Elektroden fast Null, dagegen der Strom in dem schrägen Konduktor selbst ein ziemlich kräftiger (siehe Erkl. 364).

kann man sich nämlich wie bei der Influenzmaschine der 1ten Art (siehe Antwort der Frage 120 und die Erkl. 363) nach *Poggendorff* wie folgt erklären:

Sind die Elektroden zusammengeschoben, so stehen die vier vor der Vorderscheibe befindlichen Metallkämme paarweise in gut leitender Verbindung. Wird alsdann die Vorderscheibe im Sinn der Uhrzeigerbewegung in Drehung versetzt, so gehen die Teile der Vorderscheibe von den Elektrodenkämmen zu den nächsten Konduktorenkämmen, und wenn z. B. der Saugkamm der linken Elektrode der Vorderscheibe $+E$, der obere Saugkamm des hinteren vertikal gestellten Bogens $-E$ enthält, so sind die Kämme des schrägen Konduktors zweien entgegengesetzten Einwirkungen ausgesetzt, von denen die der Vorderseite wegen ihrer grösseren Nähe überwiegt, und zwar so lange als der Elektrodenbogen geschlossen bleibt. Aus diesem Grunde zeigt sich in dem schrägen Konduktor nur ein schwacher Strom, dessen Richtung, horizontal projiziert gedacht, demjenigen in dem Elektrodenbogen entgegengesetzt ist.

Werden die Elektroden auseinandergezogen, so wird infolgedessen der Strom zwischen ihnen geschwächt. Er bekleidet die Vorderscheibe weniger mit Elektricität und infolgedessen erlangt die Hinterscheibe eine überwiegende Wirkung auf den schrägen Konduktor, dessen Stromrichtung, wiederum horizontal projiziert gedacht, gleiche Richtung mit demjenigen im Elektrodenbogen hat. Je mehr der Strom im Elektrodenbogen durch Auseinanderziehen der Elektroden geschwächt wird, desto mehr nimmt der Strom im schrägen Konduktor zu. Wie in Antw. der Frage 120 erwähnt, bleibt also auch hier bei Auseinanderziehung der Elektroden der kontinuierliche Strom bestehen und man kann durch Wiedernähern der Elektroden die frühere Thätigkeit der Maschine sofort wieder herstellen (siehe die Erkl. 364—367).

5). Der in dem Vertikalbogen an der Hinterscheibe erregte Strom wird durch die vorstehend unter 3). und 4). erwähnten Stellungen des schrägen Konduktors nicht beeinflusst.

6). Stellt man den schrägen Konduktor vertikal, nämlich so, dass er dem hinteren Vertikalbogen gerade gegenübersteht, so erlischt in beiden und in dem Elektrodenbogen der Strom sofort, die Maschine wird wirkungslos, was man dazu benutzt, die Maschine unthätig zu machen (siehe Erkl. 366).

Erkl. 365. Ueber die in der Erkl. 364 unter 4). erwähnte Eigenschaft des schrägen Konduktors gibt *Poggendorff* folgende Erklärung:

„Angenommen, der Elektrodenbogen sei geschlossen und sein linker Kamm durch eine dahinter gehaltene Ebonitplatte veranlasst $+E$ auszuströmen, so wird er zunächst die obere Hälfte mit dieser Elektricität bekleiden und dadurch bewirken, dass der obere Kamm des hinteren Vertikalbogens und der obere Kamm des vorderen Konduktors $-E$ ausströmt; das hat dann zur Folge, dass die unteren Kämme beider Leiter $+E$ entsenden und da die Teile der schraubenrecht rotierenden (im Sinne der Uhrzeiger sich bewegenden) Vorderscheibe von den Konduktorkämmen zu den dieselben Elektricitäten ausströmenden Elektrodenkämmen übergehen, so müssen erstere auf letztere eine störende Einwirkung ausüben und die Elektricitätsentwicklung in ihnen bald völlig unterdrücken. Bei Einschaltung einer Geisslerschen Röhre (näheres über die Geisslerschen Röhren findet man in einem späteren Abschnitt) in den Elektrodenbogen ist dies im Dunkeln deutlich zu erkennen. Andrerseits muss der Strom im Konduktor bald sehr stark werden, da dieser vor den Quadranten II und IV steht, die beide im beobachteten Falle auswärts gleichnamig elektrisiert sind, also mit doppelter Kraft auf ihn wirken.“

Erkl. 366. Ueber die in der Erkl. 364 unter 5). erwähnte Eigenschaft des schrägen Konduktors gibt *Poggendorff* folgende Erklärung:

„Was die Eigenschaft des schrägen Konduktors anbetrifft, die Maschine vollkommen unthätig zu machen, wenn er dem hinteren Elektrodenbogen gerade gegenübersteht, so entspringt sie, meiner Meinung nach, daraus, dass die Kämme beider Leiter, weil sie gleiche Elektricität auszuströmen suchen, einander in ihrer Wirkung vollständig aufheben.“

Erkl. 367. In bezug auf die Wirkungsweise des schrägen Konduktors, wenn die Holtzsche Influenzmaschine durch Einführung von Elektricität in die Elektroden erregt wird, äussert sich *Poggendorff* wie folgt:

„Gleich der Maschine 1ter Art lässt sich die der 2ten Art dadurch erregen, dass man ihr durch die Elektroden die Elektricität einer andern Quelle, z. B. einer Hülfsmaschine, zuführt. Hat sie dabei keinen diametralen Kon-

duktor, so wird sie normal erregt; ist sie aber mit einem solchen versehen, so ist die Erregung eine anomale, d. h. die Elektrodenkämme strömen die entgegengesetzte Elektricität von der aus, welche ihnen zugeführt wurde.

Es ist nicht notwendig, dass diese Zuführung durch beide Elektroden geschehe, eine einzige genügt. Aber notwendig ist, dass der schräge Konduktor, wenn die Vorderscheibe schraubenrecht gedreht wird, vor den Quadranten I und III stehe oder, allgemeiner gesprochen, eine solche Stellung habe, dass die Glasteile von den nächsten Elektrodenkämmen auf ihn zugehen.

Insoweit verhält sich der diametrale Konduktor bei der Maschine 2ter Art fast ganz so wie bei der 1ten Art; allein in andrer Hinsicht ist sein Verhalten bei beiden Maschinen wesentlich verschieden.

Ist nämlich bei der Maschine 2ter Art die anomale Erregung einmal eingeleitet, so kann man den Konduktor entfernen, ohne dass dies einen Einfluss hat, ohne dass also der Strom sich umkehrt und mit dem fortwährend auf ihn einwirkenden Strom der Hülfsmaschine gleiche Richtung annimmt.

Andrerseits hat man die Maschine durch den Strom der Hülfsmaschine normal erregt und fügt ihr, unter fortwährender Einwirkung der letzteren, den Konduktor hinzu, so ändert dies wiederum nichts.

Ebenso kann man der Maschine, wenn sie auf irgend eine Weise bei Abwesenheit des schrägen Konduktors durch Ebonit erregt worden ist, die entgegengesetzten Elektricitäten von denen, welche die Elektroden aussandten, aus der Hülfsmaschine zuführen, ohne dass ihr Strom sich umkehrt.

Die Maschine 2ter Art besitzt also eine gewisse Hartnäckigkeit, den einmal erlangten elektrischen Zustand zu behaupten; darum muss sie in neutralem Zustand sein, wenn man sie mit Sicherheit durch Einströmen in dem einen oder andern Sinn elektrisieren will.

Auch sieht man die Möglichkeit ein, Doppelmaschinen zu konstruieren aus Maschinen 2ter Art, die keinen schrägen Konduktor haben.

Die ohne diesen Konduktor stattfindende normale Erregung der Maschine 2ter Art durch einen Hülfsstrom bedarf keiner Erklärung.

Was die anomale Erregung betrifft, so scheint sie mir das Resultat von sechs rasch aufeinanderfolgenden Prozessen zu sein.

Gesetzt, man lasse die Vorderscheibe schraubenrecht rotieren und habe dem linken Elektrodenkamm negative Elektricität aus der Hülfsmaschine zugeführt. Die nächste Folge davon wird sein, dass er die benachbarten Glasteile mit dieser Elektricität bekleidet. Diese negativen Glasteile werden durch die Drehung unter den Konduktorkamm geführt und locken positive Elektricität aus ihm hervor*). Die dadurch positiv gewordenen Glasteile treten im weiteren Fortgang der Drehung vor den oberen Verti-

*) Dasselbe geschieht auch, wie ich sogleich näher anführen werde, zum Teil durch direkte Einwirkung des Elektrodenkamms auf den Konduktorkamm.

kalkamm und veranlassen denselben, negative Elektricität auszusenden, welche nun die Hinterscheibe äusserlich bekleidet und durch die rückläufige Rotation dieser Scheibe wieder hinter den linken Elektrodenkamm geführt wird. Die Influenzwirkung dieser negativen Hinterfläche ist es nun, welche den Elektrodenkamm zwingt, seine Polarität zu wechseln, statt der zugeführten negativen Elektricität positive auszuströmen.

Vielleicht findet man es schwierig, zuzugeben, dass die rückseitige Influenzwirkung die vorderseitige Einströmung überwältige; allein Thatsache ist es, wie schon erwähnt, dass der einmal irgendwie in der Maschine erregte Strom durch die den Elektroden aus einer Hülfsmaschine zugeführte Elektricität nicht umgekehrt werden kann.

Der wesentlichste Punkt der eben vorgetragenen Theorie, dass nämlich der Elektrodenkamm den vorausgehenden Konduktorkamm entgegengesetzt elektrisch mache und eben dadurch seine eigene Polarität umkehren müsse, wird übrigens durch einen gleichen Versuch bestätigt, wie ich ihn früher bei der Maschine 1ter Art vorstellte*).

Hat man nämlich die Maschine auf irgend eine Weise in Thätigkeit gesetzt, und führt ihr nun durch die von einander isolierten Kämme des Konduktors die Elektricität einer Hülfsmaschine zu, in solcher Richtung, dass jeder dieser Kämme entgegengesetzte Elektricität empfängt, wie der benachbarte Elektrodenkamm bis dahin aussandte, so kehrt sich der Strom im Elektrodenbogen augenblicklich um, ganz wie bei der Maschine 1ter Art.“

*) Ann. d. Phys. und Chem. Bd. 145, Seite 5.

Frage 126. Worin besteht die Einrichtung, der Gebrauch und der Vorgang bei der von *Kundt* konstruierten Reibungsinfluenzmaschine?

Erkl. 368. In betreff der ungünstigen Verwertung der bei den früher beschriebenen Elektrisiermaschinen erregten Elektricität drückt sich Prof. *August Kundt* in seiner in Poggend. Ann. Bd. 135, Seite 484 enthaltenen Abhandlung wörtlich wie folgt aus:

„Die eine Elektricität geht (bei den Reibungselektrisiermaschinen) gewissermassen nutzlos an den Erdboden verloren; ferner wird der unvermeidliche Nachteil, dass $+E$ von der Scheibe auf das Kissen geht, gewöhnlich noch dadurch vermehrt, dass die Scheibe an derselben Stelle auf beiden Seiten gerieben wird. Die Abstossung der positiven Elektricitäten der beiden Seiten gegen einander muss ein Ueberströmen auf die Kissen merklich begünstigen. Endlich tritt noch ein eigentümlicher Umstand hinzu, der die Leistungsfähigkeit einer Reibungsmaschine wesentlich beeinträchtigen muss. Dr. *Holtz* hat darauf aufmerksam gemacht, dass

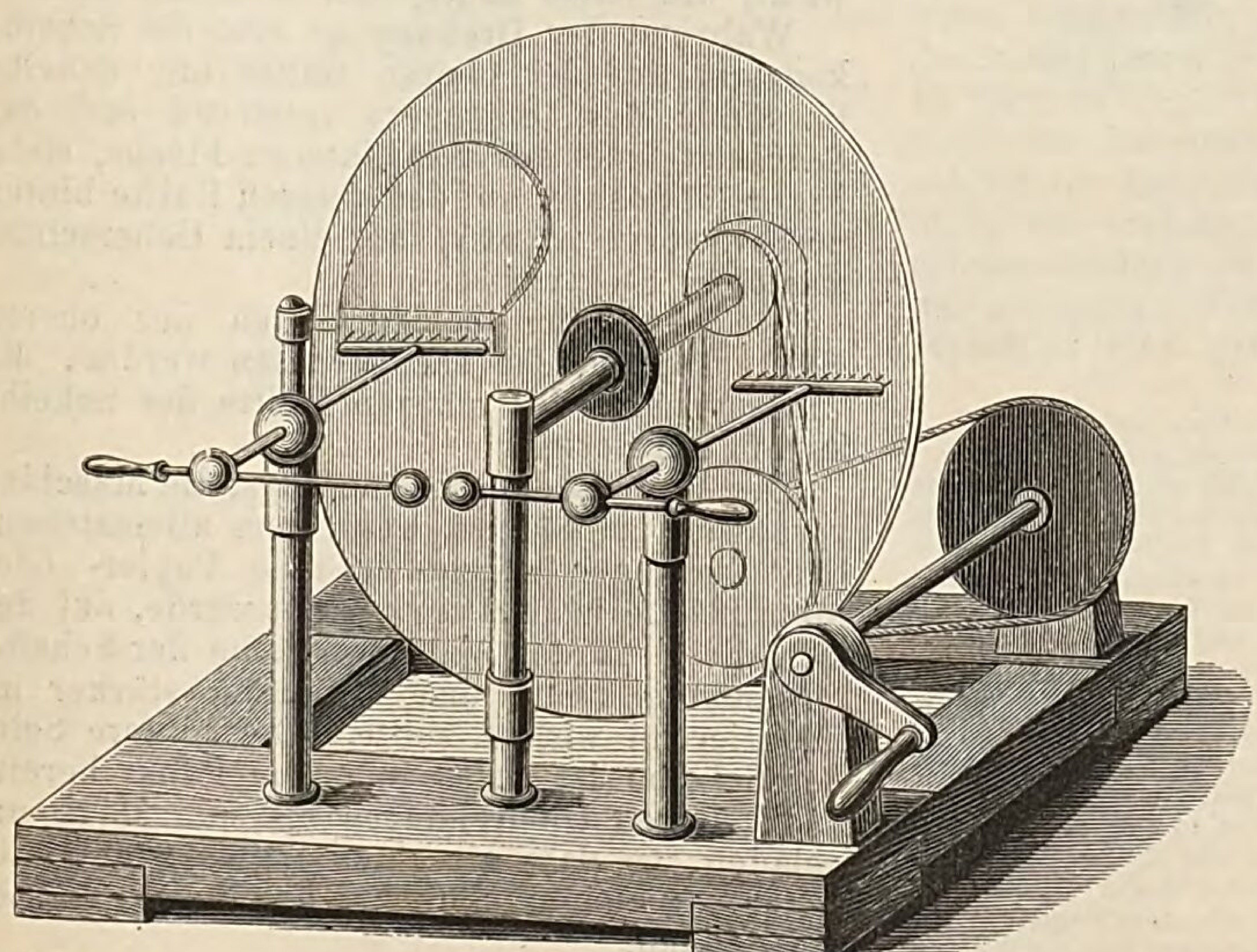
Antwort. Das Prinzip, welches *Kundt* der Konstruktion seiner Maschine zu Grunde legte war, die bei den gewöhnlichen Reibungselektrisiermaschinen erregten Elektricitäten so vorteilhaft als möglich in den Influenzmaschinen auszunutzen (siehe Erkl. 368).

Die durch die Figuren 75 und 76 dargestellte Maschine von *Kundt* bildet gleichsam einen Uebergang von den Reibungselektrisiermaschinen zu den Influenzmaschinen. Sie besteht, wie die Figuren zeigen, im wesentlichsten aus einer dünnen Glasplatte, welche in rasche Rotation versetzt und mittels eines auf der hinteren Scheibe angebrachten Reibzeugs durch Reibung schwach elektrisiert werden kann. Der vorderen Seite der Scheibe stehen, wie bei der Influenz-

durch einen Spitzenkamm, der über eine elektrisierte isolierende Fläche geführt wird, diese Fläche nicht nur entladen, sondern sogar bedeutend umgeladen werden kann (siehe Poggend. Ann. Bd. 130, Seite 128). Eine solche Umladung tritt nun auch ein, wenn die Scheibe der Reibungsmaschine an den Einsaugern vorbeigeht. Die Scheibe kommt infolgedessen nicht unelektrisch, sondern negativ zu den Kissen zurück. Die dort durch Reibung neu erzeugte $+E$ wird also zunächst die vorhandene negative zu neutralisieren haben. Je grösser die Dichte der Elektricität auf der Scheibe ist, je besser dieselbe von den Einsaugern aufgenommen wird, um so bedeutender wird jene Umladung, und die Maschine schafft sich daher selbst, je günstiger im übrigen die Bedingungen für die Elektricitätserzeugung sind, eine um so bedeutendere Gegenwirkung. Auf das Vorhandensein einer solchen Gegenwirkung könnte man übrigens schon daraus schliessen, dass bei den Reibungsmaschinen die Quantität der erzeugten Elektricität der angewandten Arbeit durchaus nicht proportional ist, wenn die Drehungsgeschwindigkeit der Scheibe vergrössert wird.

Besonders um zu erkennen, ob die erwähnte Umladung der Scheibe eine der wesentlichsten Ursachen sei, weshalb die gewöhnliche Reibungsmaschine eine so geringe Quantität Elektricität liefert, und wie dieser Umstand zu beseitigen, unternahm der Verfasser (Professor *Kundt*) mannigfache Aenderungen an der Reibungsmaschine, die zu den Zwecken geeignet schienen.“

Figur 75.



maschine, zwei mit den Konduktoren und Elektroden in leitender Verbindung stehende Saugkämme gegenüber. Eine Unterbrechung des Stroms bei einem zu weiten Auseinanderziehen der Elektroden kann hier nicht stattfinden, indem durch Reibung stets aufs neue Elektricität erregt wird.

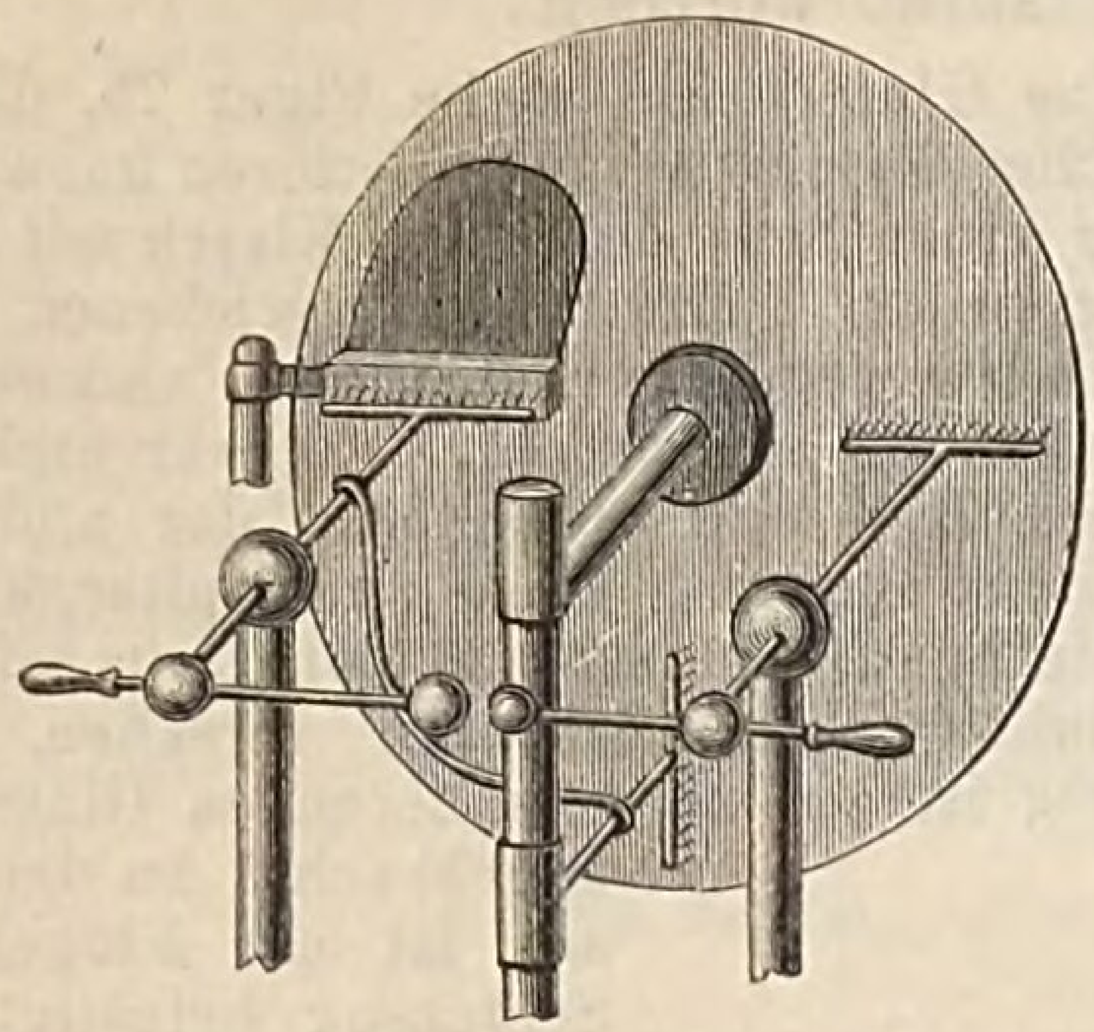
Die spezielle Einrichtung und der Gebrauch der von Prof. *Kundt* konstruierten Reibungsinfluenzmaschine, ebenso der bei dieser Maschine stattfindende Vorgang sind im wesentlichsten in der in Poggend. Annalen Bd. 135, Seite 484 enthaltenen Abhandlung von Professor *Kundt* erläutert und gibt diese eigene Abhandlung von Professor *Kundt* den besten Aufschluss über diese Maschine. Dieselbe lautet wörtlich:

„Eine Glasscheibe, siehe Figur 75, die mit ziemlicher Geschwindigkeit rotieren kann, wird auf der einen Seite durch ein Kissen mit Amalgam gerieben. Der nicht geriebenen Seite der Scheibe gegenüber sind zwei einsaugende Spitzenkämme angebracht, und zwar steht der eine dem Reibzeug gegenüber, der andre ist 180° davon entfernt. Diese zwei Spitzenkämme sind wie bei den Maschinen von *Holtz* mit zwei verschiebbaren Konduktoren versehen. Das Reibzeug ist an einer isolierenden Glasstange angebracht. An dem Kissen ist ein Flügel von Seidezeug befestigt, wie an den gewöhnlichen Reibungsmaschinen, der hier indes nicht ganz einen Quadranten der Scheibe deckt. Die Achse der Scheibe, ebenso die beiden Ständer für die Einsauger sind der besseren Isolation halber nicht aus der Kammmasse, sondern aus Glas. Ein Schnurlauf bewirkt, wie bei den Holtzschen Maschinen, eine möglichst schnelle Rotation.

Sobald man nun beginnt die Scheibe zu drehen, bildet sich zwischen den beiden Konduktoren ein kontinuierlicher Funkenstrom von 1—2 Zoll; schaltet man eine Flasche ein, am besten eine Doppelflasche, wie sie *Poggendorff* angegeben*) und wie sie gewöhnlich für die Holtzschen Maschinen benutzt wird, so erhält man sehr kräftige, mehrere Zoll

*) Monatsbericht der Berl. Akad. 1865, 18. Febr.

Figur 76.



lange Funken. Die Wirksamkeit der Maschine ist, wenn sie auch manche komplizierte Eigentümlichkeiten zeigt, unschwer einzusehen.

Sobald die Rotation der Scheibe beginnt, wird durch die Reibung an dem Amalgam die geriebene Seite, wir wollen sie die hintere nennen, positiv. Ist der geriebene Sektor um 180° gedreht, so wird aus dem Einsauger, der hier der vorderen Seite der Scheibe gegenübersteht, negative Elektricität auf die vordere Seite ausströmen, die sich mit der positiven der hinteren bindet, und zwar wird mehr negative Elektricität ausströmen als zur Bindung nötig ist, da das Ausströmen aus Spitzen geschieht. Der mit dem Einsauger verbundene Konduktor wird also positiv, der vorbeigegangene Sektor der Scheibe ist hinten positiv, vorne negativ, mit einem Ueberschuss von $-E$. Kommt der betrachtete Sektor der Scheibe nun zu dem Reibzeug und zu dem ihm gegenüberstehenden Einsauger zurück, so geht zunächst der Ueberschuss von $-E$ in den Einsauger. Sodann beginnt aber das eigentliche Spiel der Maschine. Da das Kissen isoliert ist, so wird die $-E$, die durch Reibung erzeugt wird, sich auf demselben in möglichst grosser Dichte ansammeln. Das Kissen wird dadurch direkt ziemlich intensiv influenzierend auf die ihm gegenüberstehenden Spitzen wirken. Es strömt aus diesen Spitzen also $+E$ auf die vordere Seite der Scheibe, so dass, wenn die Scheibe das Kissen verlässt, dieselbe auf beiden Seiten positiv ist. Von dieser $+E$ geht die auf der vorderen Seite der Scheibe befindliche direkt in den entfernten Einsauger, wenn sie an denselben kommt; die $+E$ der hinteren Seite wirkt, wie schon angegeben, influenzierend.

Während der Drehung ist also die Scheibe konstant auf der oberen Hälfte (die Scheibe im Sinne des Uhrzeigers rotierend und das Reibzeug links auf der hinteren Fläche, siehe Figur 75) positiv, auf der unteren Hälfte hinten positiv, vorne negativ, mit einem Ueberschuss negativer Elektricität.

Die $+E$ der beiden Seiten der oberen Hälfte kann leicht nachgewiesen werden, die Untersuchung der unteren Hälfte der Scheibe ist oft schwierig.

Der Verfasser glaubte anfangs, die Maschine verbessern zu können, wenn dem alleinstehenden Einsauger gegenüber eine Papier- oder Metallfläche isoliert aufgestellt würde, auf der sich die $+E$ der hinteren Fläche der Scheibe ansammeln könne und die dann stärker influenzierend wirken sollte. Die hintere Seite der Scheibe ist indes in jedem Punkt bereits nach einigen Umdrehungen bis zum Maximum geladen, so dass sie einen Leiter oder Halbleiter von kleiner einfacher Form nicht dichter laden kann.

Der Umstand, dass auch die geriebene Seite der Scheibe konstant bis zum Maximum geladen ist, könnte anscheinend eine Schwierigkeit für die gegebene Erklärung der Maschine bieten. Denn da die hintere Seite von ihrer

Ladung nichts abgibt, so könnte man meinen, es müssten an der Stelle, wo Reibzeug und Scheibe sich berühren, beide auf den Einsauger influenzierend wirken und zwar gleich stark, aber mit umgekehrtem Zeichen. Indes influenziert in Wirklichkeit nur das Kissen, da nur seine Elektricität frei ist, indem die $+E$ der hinteren Seite der Scheibe durch die $-E$ auf der vorderen gebunden ist. Man kann den Vorgang auch folgendermassen auffassen: Auf der unteren Hälfte der Scheibe ist auf einem Sektor hinten $+E$, vornen $-E$, die sich binden. Kommt der betrachtete Sektor an das Kissen, so bindet die $-E$ des Kissens die $+E$ der Scheibe und die freigewordene $-E$ der Scheibe geht in den Einsauger.

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, dass die Maschine die positive Elektricität in bedeutendem Ueberschuss über die negative liefern muss, da dem negativen Konduktor nur Elektricität von einer Seite der Scheibe zugeführt wird, dem positiven dagegen von beiden.

Denkt man sich den ganzen Teil der Elektricität, der durch Reibung auf dem Glas entsteht fort, so dass nur die Influenz des negativen Kissens übrig bliebe, so ist die Maschine in ihrem Prinzip dieselbe, die *Holtz* in Poggend. Ann. Bd. CXXX, Taf. IV Fig. 4 gegeben hat, nur dass jene Maschine für sich keine elektromotorische Kraft hat und von einer andern gespeist werden muss. Eine solche Influenzmaschine einfachster Konstruktion, selbst ohne feste Scheibe, kann man eine Zeitlang schon dadurch wirksam erhalten, dass man ein Stück geriebenen Kautschuk als Elektricitätsquelle benutzt, ein Versuch, den Herr *Holtz* beiläufig in einer Abhandlung erwähnt*), und der den Influenzmaschinen von Herrn *Bertsch* und *Piche* zu Grunde liegt**).

In der im vorstehenden beschriebenen Maschine ist aber durch die konstante Reibung nicht nur eine konstante Wirksamkeit der Maschine erreicht, es muss auch, wie mir scheint, bei geeigneter Konstruktion die Leistung der Maschine eine grössere werden. Endlich ist

*) Poggend. Ann. Bd. CXXX, S. 130.

**) Ueber die Maschine des Herrn *Bertsch* ist, wie ich erst in den letzten Tagen gefunden, in „Les Mondes" von Moigno (Bd. XII S. 480, 539, 662, Bd. XV S. 372, 659; auch C. R. 1866 Bd. 63 S. 771, 881, 910, 933) eine Reihe Mitteilungen gemacht. Die Maschine besteht aus einer Glasscheibe, zwei Einsaugern und einer geriebenen Kautschukplatte, die dem einen Einsauger gegenüber angebracht ist. In der Konstruktion unterscheidet sich unsere Maschine von jener nur dadurch, dass an die Stelle der geriebenen influenzierenden Kautschukplatte ein konstant reibendes Kissen getreten ist.

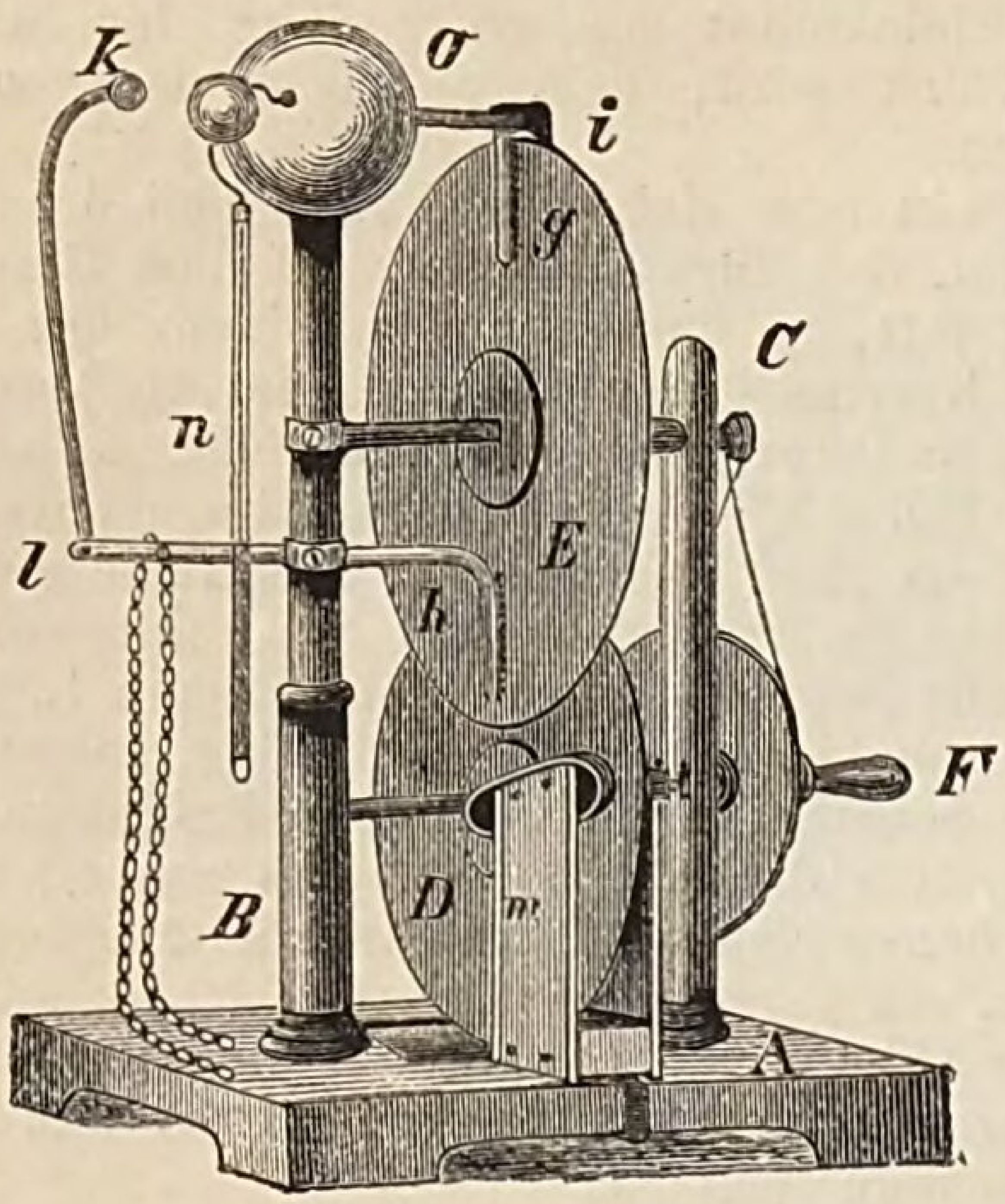
Ich mache mit dieser Verschiedenheit der Konstruktion wie überhaupt mit der hier beschriebenen Maschine keinen Anspruch auf irgend Originalität, denn bei derselben sind mit Hinzunahme der Reibung nur die Prinzipien angewandt, die Herr *Holtz* bei seinen Maschinen so elegant benutzt hat; glaubte aber doch noch eine etwas ausführlichere Beschreibung derselben nicht unterdrücken zu müssen, da abgesehen von ihrer konstanten Leistungsfähigkeit, unsere Maschine manche Eigentümlichkeiten zeigt, und überhaupt, wie mir scheint, alles mit den Holtzschen Maschinen zusammenhängende nicht allseitig genug studiert werden kann.

der Gang der Elektricitäten in unserer Maschine ein wesentlich andrer.

Ueber die zweckmässigste Konstruktion und Leistung der Maschine können zur Zeit nur allgemeine Angaben gemacht werden. Zunächst ist klar, dass die Wirksamkeit, abgesehen von dem Isolationsvermögen der Scheibe, hauptsächlich davon abhängt, dass die hintere Seite der Scheibe durch Reibung recht stark positiv werde, und das Kissen möglichst dichte negative Elektricität ansammle.

Das Reibzeug muss daher gut im stande sein und der Flügel von Seidezeug recht gut an die Scheibe anliegen. Dieser Flügel, der freilich nicht so sehr gross zu sein braucht, ist unbedingt nötig, um die positive Elektricität zunächst hinter dem negativen Einsauger zu binden, da sonst die $+E$ direkt wieder in diesen Einsauger zurückströmt. Das Kissen ist durch eine einfache Feder, die an einer Glassäule befestigt ist, sanft gegen die Scheibe gedrückt. Der Druck des Kissens kann auf einfache Weise etwas reguliert werden; dasselbe muss nur so wenig gegen die Scheibe drücken, dass wenn letztere recht schnell rotiert und die Kurbel, mit der man dreht, losgelassen wird, dieselbe wenigstens noch einige Umläufe macht.

Figur 77.



Von Glasscheiben sind bisher zwei benutzt von 20 Zoll im Durchmesser, eine ungefirniste oder auf einer Seite gefirniste und eine beiderseits mit Schellack überzogene. Wenn dieselben rein gehalten werden, geben sie ziemlich dieselbe Wirkung. Am besten ist es, die geriebene Seite der Scheibe ungefirnist zu lassen, die vordere mit Schellackfirnis zu überziehen.

Der Verfasser glaubt noch nicht das Maximum der Leistungsfähigkeit der Maschine erreicht zu haben; dieselbe gab indes bisher schon, wie erwähnt, einen kontinuierlichen Funkenstrom von 1—$1^1/_2$ Zoll, Büschel von über 2 Zoll und mit einer Doppelflasche Funken von $5^1/_2$ pariser Zoll.

Bei Vermeidung mancher Uebelstände wird die Schlagweite voraussichtlich schon merklich steigen.

Der Funkenstrom ohne Flasche ist ein dicker roter Faden, der am negativen Pol sehr schön einen scharf begrenzten dunklen Raum zeigt und sogar seltsamerweise bei etwas grösserer Entfernung der Elektroden Andeutung von Schichtung erkennen lässt.

Für Erzielung langer Funken ist besonders eine gute Isolation nötig. Diese Isolation wird von Kammmasse nicht mehr geleistet, und es müssen daher die Achse und Träger der Konduktoren aus Glas gemacht werden. Es wurde einfach das Gestell einer Holtzschen Maschine benutzt, die ruhende Glasscheibe war entfernt und seitlich ein Reibzeug passend angebracht. Die Maschine wirkte anfangs sehr gut, nach einigen Wochen hatte sie fast alle Wirkung verloren. Es wurden nur mit Mühe kleine Fünkchen erhalten; dafür konnte aber eine grössere Flasche schnell an irgend einer Stelle der Kammmassestücke, selbst in der Nähe des

Erkl. 369. Eine besondere Art von Influenzmaschinen, die man als eine Kombination der Influenzmaschine 2ter Art und der Kundtschen Maschine betrachten kann, baut *J. C. Schlösser* in Königsberg.

Diese Influenzmaschine ist durch Figur 77 dargestellt und von *Schlösser* wie folgt beschrieben:

„Auf dem eisernen Grundbrett *A* erheben sich zwei Säulen *B* und *C*, zwischen welchen die beiden Hartgummischeiben *D* und *E* auf stählernen, zum Teil mit Hartgummi verkleideten Achsen durch die Kurbel *F* und die gekreuzte Treibschnur in einander entgegengesetzte rotierende Bewegung gebracht werden können. Auf der Spitze der Säule *B* befindet sich ein Kugelkonduktor *O*, der durch einen horizontalen starken Messingdraht mit dem Sauger *g* und einer kleinen vierkantigen Hartgummiplatte *i* in Verbindung steht, die mit Papier und letzteres mit einem kleinen Stanniolstreifen kammförmig beklebt ist. *g* und *i* stehen von beiden Seiten der Scheibe *E* möglichst nahe, dürfen sie jedoch nicht berühren. — Ein zweiter Konduktor beginnt mit der Kugel *k*, hat bei *l* ein Scharnier, ist durch einen mit Schraube versehenen Ring ebenfalls an der Säule *B* befestigt und endigt in dem Sauger *h*. Während die Scheibe *E* auf ihrer Achse festsitzt, lässt sich die Scheibe *D* seitlich auf ihrer Achse verrücken, indem man die auf ihrer Hartgummizwinge befindliche Messingschraube lüftet. Man hat es dadurch leicht, die beiden Scheiben so nahe als möglich zu einander zu stellen, nur dürfen sich dieselben bei der Rotation nicht berühren! Es ist hierbei darauf zu achten, dass bei der Befestigung der Scheibe *D* die Messingschraube gegen die etwas abgeflachte Stelle der Stahlaxe drückt. Das Reibkissenpaar *m* wird mit seiner Feder an das eiserne Grundbrett gedrückt und die Kissen über die Scheibe *D* so gestreift, wie die Figur 77 angibt, ohne jedoch die Stellung der Scheibe *D* dabei zu verrücken. Es mag hier gleich bemerkt werden, dass dem Reibkissenpaar die grösste Aufmerksamkeit zu schenken ist, indem man es vor Staub, namentlich aber vor Feuchtigkeit schützt.

Vor jedem Gebrauch ist die Scheibe *D* mit einem sehr trockenen Wollenlappen sauber abzuwischen, den man am bequemsten mit zwei Fingern der linken Hand gleichzeitig gegen beide Seiten der Scheibe drückt und dabei mit der rechten Hand die Kurbel dreht; ebenso müssen die Reibkissen womöglich vor jedem Gebrauch gegen einander gerieben werden. Nach längerer Zeit wird es wünschenswert, die Reibkissen mit Goldpulver einzureiben, doch hüte man sich, dass letzteres sich als Staub auf die Maschine setze. Die kleine Leydener Flasche (Kondensator) *n* wird so an den Konduktor gehängt, dass der Stanniolbelag stets den unteren Konduktor berührt, wie die Figur 77 es darstellt; auch sie ist vor jedem Gebrauch mit einem trockenen Leinenlappen abzuputzen.

Schnurlaufs beträchtlich geladen werden. Da die Maschine die positive Elektricität im Ueberschuss liefert, so war die Ladung der Flasche natürlich positiv. Der Umstand, dass die positive Elektricität von der Maschine im Ueberschuss geliefert wird, bedingt noch eine Eigentümlichkeit, die für die Erzeugung langer Funken von störendem Einfluss ist. Es bedeckt sich nämlich die positive Konduktorkugel leicht mit starkem Glimmlicht, welches das Zustandekommen eines längeren Funkens hindert. Nähert man indes dann dem negativen Konduktor einen abgeleiteten Körper, z. B. den Knöchel des Fingers, so wird durch veränderte Influenz die Glimmentladung des positiven Konduktors plötzlich modifiziert und der Funke springt sofort über. Ich habe bisher keine andre einfache Methode finden können, diesen störenden Einfluss des Ueberschusses der positiven Elektricität für die Funkenbildung zu vermeiden, als eben eine momentane Ableitung durch die Hand. Eine kontinuierliche Ableitung des negativen Pols bringt den Uebelstand mit, dass dadurch die elektrische Differenz der beiden Konduktorenkugeln, die ja die Schlagweite bedingt, sinkt. Um längere Funken zu erhalten (4—5½ par. Zoll), muss man daher, nachdem man einen Augenblick gedreht hat, den negativen Konduktor ableitend berühren. Man kann auf diese Weise ganz regelmässig Funken nach Funken von über 4½ Zoll Länge erhalten, die in weniger als einer Sekunde aufeinanderfolgen.

Für die Funkenlänge ist ferner die Grösse der Konduktorkugeln von wesentlichem Einfluss. Ich habe die beste Wirkung erhalten, wenn die negative Kugel im Durchmesser 52 mm hatte (oder statt dessen eine Platte von demselben Durchmesser) und die positive etwa 20 mm.

Bekanntlich verliert die gewöhnliche Holtzsche Maschine ihre Ladung, wenn dieselbe nur mit zwei Einsaugern versehen ist, sobald man die Konduktoren zu weit von einander entfernt. Bei unserer Maschine können freilich die beiden Konduktoren ihre Ladungen nie ganz verlieren, indes wird, sobald kein Funkenstrom mehr zwischen den Konduktoren vorhanden ist, die Bindung der Elektricität durch das Kissen und die hintere Scheibenseite nicht mehr stattfinden können, so dass wenn keine Funken mehr übergehen, die Wirksamkeit der Maschine, d. h. die Spannung an jedem Pol erheblich sinkt. Man kann diesen Umstand auf dieselbe Weise beseitigen, wie Herr *Holtz* ihn beseitigt hat, nämlich durch Anbringung eines Hülfseinsaugers. Der Hülfseinsauger ist mit dem negativen Konduktor zu verbinden; derselbe ist so angebracht, dass die Scheibe bei der Rotation erst ihn, dann den negativen Einsauger passiert.

Die Art, wie der Hülfseinsauger wirkt, braucht hier nicht auseinandergesetzt zu werden, da Herr *Holtz* diesen Gegenstand zu öfterenmalen besprochen hat. Zu bemerken ist nur, dass mit dem positiven Konduktor ein Hülfseinsauger bei unserer Maschine nicht verbunden werden kann.

Ist die Maschine, wie beschrieben, zu dem Gebrauch vorbereitet, so stellt man den beweglichen Arm des unteren Konduktors so, dass dessen kleine Kugel *K* dem Kugelkonduktor auf etwa $^1/_8$ Zoll nahe gerückt ist und dreht an der Kurbel *F*. Sofort beginnt die Wirkung der Maschine, die sich durch ein Ueberspringen der elektrischen Funken zwischen beiden Konduktoren unter lebhaftem Geknister bemerkbar macht. Bei sehr sorgfältiger Behandlung der Maschine und unter äusserst günstigen Luftverhältnissen kann die Länge der Funken durch Abbiegen des Konduktorschenkels *lk* bis auf zwei Zoll gebracht werden. Soll die Maschine zum Experimentieren, z. B. Laden einer Leydener Flasche etc. etc. benutzt werden, so biegt man *lk* möglichst weit vom Kugelkonduktor ab, hängt an den unteren Konduktor, wie aus der Figur 77 ersichtlich, eine Kette, die bis auf den Tisch reicht und so die eine der beiden Elektricitäten, hier die positive, ableitet, und entnimmt die Elektricität aus dem Kugelkonduktor.

Das eiserne Grundbrett ist 20 cm lang, 15 cm breit, Scheibe *D* 135 mm, Scheibe *E* 160 mm im Durchmesser, die ganze Maschine 29 cm hoch. Es gab bisher keine Maschine von ähnlich kleinen Dimensionen und dennoch so bedeutender Wirkung.

Der Vorzug dieser vorherrschend in Hartgummi gearbeiteten und daher nahezu unzerbrechlichen Elektrisiermaschine besteht darin, dass dieselbe selbst unter äusserst ungünstigen Luftverhältnissen zu einer verhältnismässig sehr erheblichen Wirkung gebracht werden kann, unter denen Elektrisiermaschinen von sehr viel grösseren Dimensionen mit zerbrechlichen Glasplatten ganz oder fast ganz versagen."

J. Schlösser empfiehlt diese Maschine zu Geschenken für Knaben und hält dieselbe zur Einführung in selbst gering dotierte Volksschulen ganz besonders geeignet.

Die Elektricitäten sind auf der oberen Hälfte der Scheibe frei, der Hülfseinsauger würde daher einfach an Stelle des Haupteinsaugers treten, und dieser letztere dann nur eine für die Leistung der Maschine schädliche Wirkung üben können.

Mit einem Hülfseinsauger, der mit dem negativen Konduktor verbunden ist, wirkt die Maschine am zuverlässigsten, doch ist es auch dann noch nötig, für längere Funken den negativen Konduktor momentan abzuleiten.

Wenn irgend für gute Isolation aller Teile gesorgt ist, so dürfte die Maschine an Spannungseffekten den besten Holtzschen kaum etwas nachgeben, an Quantität der Elektricität liefert sie in ihrer bisherigen Form freilich weniger als die des Herrn *Holtz*. Indessen ist zu bedenken, dass die Quantität wesentlich steigen wird, wenn statt eines Kissens deren zwei, um 180° von einander entfernt, angebracht sind. Die Maschine wird dadurch sehr wenig komplizierter.

Ich lasse verschiedene Modifikationen der Maschinen zunächst konstruieren und werde seiner Zeit über die Leistungen derselben berichten.

Einen Vorzug möchte ich indes erwähnen, den, soweit meine Erfahrungen bisher gehen, die beschriebene Konstruktion vor denen des Herrn *Holtz* hat. Die Maschine ist anscheinend viel weniger empfindlich gegen äussere Einflüsse, Feuchtigkeit u. dergl. Dieselbe verhält sich in dieser Beziehung mehr der gewöhnlichen Reibungsmaschine ähnlich.

Ebenso wie diese wohl nach den Umständen verschieden gut wirkt, aber bei einiger Vorsicht immer genügende Elektricität liefert, hat der Verfasser bei seiner Konstruktion selbst unter ungünstigen Umständen, wenn auch nicht die volle, doch eine einigermassen genügende Wirkung erhalten. Es ist das ein Umstand, der für die Benutzung der Maschine in Vorlesungen von Wichtigkeit ist.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass, wenn das Reibzeug abgeleitet wird, die Wirksamkeit der Maschine beträchtlich sinkt; wird der negative Konduktor abgeleitet, so nimmt ebenfalls die Wirkung ab; noch grösser ist die Abnahme, wenn der positive Konduktor abgeleitet ist. Es erklären sich diese Erscheinungen ohne Schwierigkeit aus dem, was oben über das Prinzip, nach dem die Maschine wirkt, gesagt ist."

Frage 127. Worin besteht im allgemeinen die Einrichtung der selbsterregenden Influenzmaschine von *Töpler*?

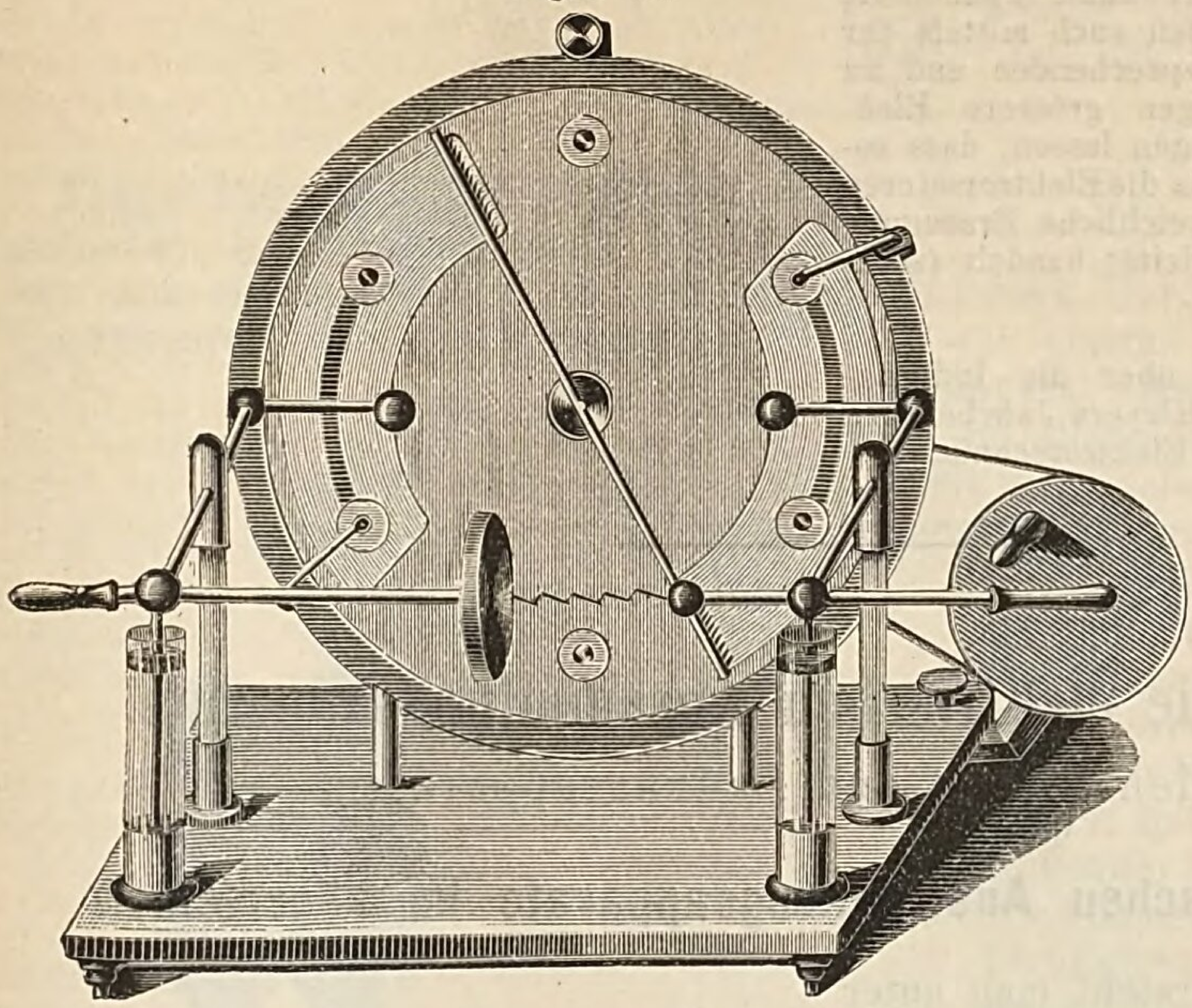
Antwort. Die durch die Figur 78 dargestellte selbsterregende Influenzmaschine *Töplers*, wie sie von *Wesselhöft* in Halle a. d. Saale gebaut und im Jahr 1878 auf der Naturforscherversammlung in Kassel ausgestellt war, besteht ihrer allgemeinen Einrichtung nach in folgendem:

Erkl. 370. Nach den Angaben *Wesselhöfts* liefert die nebenstehend kurz beschriebene selbsterregende Töplersche Maschine dieselbe Elektricitätsmenge wie die Holtzsche Maschine, hat aber eine etwas geringere Schlagweite. Dagegen soll sie den Witterungsein-

flüssen gegenüber so unempfindlich sein, dass ein Versagen fast niemals vorkommt.

Wesselhöft baut diese Maschine mit Hinzufügung von ein paar Holtzschen Scheiben, so dass man eine solche Maschine als Holtzsche oder als Töplersche benutzen kann.

Figur 78.



Erkl. 371. Ausführliches über die selbsterregende Influenzmaschine *Töplers* findet man in den Berliner Akademieberichten vom Dez. 1879 und im Tagblatt der 51. Naturforscherversammlung zu Kassel 1878, Seite 140.

Erkl. 372. *Töpler* konstruierte unter andern zur Erregung grösserer Elektricitätsmengen und kleineren Spannungen Maschinen mit 20 Scheiben von je 26 cm Durchmesser, die bei 22 Umdrehungen in der Sekunde und einem Arbeitsaufwand von 4 kg einen Strom von 0,0081 absoluten Einheiten (siehe Erkl. 373) lieferte. Mit drei solcher Maschinen gelang es, einen Platindraht von 0,2 mm Dicke in permanentem Glühen zu erhalten (siehe Monatsbericht der Berl. Akademie d. Wissenschaften v. 11. Dez. 1879).

Erkl. 373. Die Definitionen über Arbeit, absoluten Einheiten etc. sind in einem besonderen Abschnitt enthalten.

Erkl. 374. Der selbsterregenden Influenzmaschine begegnet man vielfach unter dem irrtümlichen Namen „Vosssche Maschine". Sie wurde von *Töpler* ausgedacht und ist eine Kombination seiner älteren selbsterregenden Maschine und der Holtzschen Maschine.

Die äussere Form der Maschine ist die der Holtzschen Maschine 1ter Art mit schrägem Konduktor, wie sie in Figur 68 dargestellt ist. Die vordere, rotierende Glasscheibe ist mit mehreren Erregungsstellen versehen und zwar dadurch, dass auf derselben sechs kreisrunde Metallbelegungen mit Kontaktvorrichtungen, bezw. mit auf den Metallbelegungen schleifenden Bürsten, wie sie den Töplerschen Maschinen eigen (siehe die Erkl. 316 u. 317), angebracht sind. Die elektrische Ladung dieser Metallbelegungen wird bei Drehung der Scheibe durch die influenzierende Wirkung der auf der festen Scheibe nie fehlenden, wenn auch noch so kleinen zufälligen Ladungen bewerkstelligt und stets gesteigert. Die an der Maschine angebrachten Saugkämme stehen in analoger Weise, wie die der Holtzschen Influenzmaschine 1ter Art, siehe die Figuren 67 und 68, mit den Elektroden in gut leitender Verbindung und bestreichen nicht nur die metallischen Belegungen, sondern auch die dazwischen liegenden benachbarten Isolatorflächen.

Diese Maschine von *Töpler* ladet sich ohne jede Anregung von selbst, daher ihr Name selbsterregende Influenzmaschine.

Erkl. 375. Was die in einem späteren Lehrbuch beschriebenen dynamo-elektrischen Maschinen zur Zeit für den praktischen Gebrauch sind, das sind die Influenzmaschinen für wissenschaftliche Zwecke, nämlich Beobachtungen anzustellen nicht mit grossen Elektricitätsmengen, sondern mit Elektricität von möglichst hoher Spannung.

Wie schon von *Töpler* erwähnt, ergaben die neueren Versuche, dass sich auch mittels der Influenzmaschinen bei entsprechenden und zu erwartenden Verbesserungen grössere Elektricitätsmengen hervorbringen lassen, dass somit die Influenzmaschinen da die Elektromotoren ersetzen, wo es sich um reichliche Erzeugung hochgespannter Elektricität handelt (siehe Erkl. 376.)

Erkl. 376. Weiteres über die Influenzmaschinen findet man in Kleyers Jahrbüchern über die Elektricität und Elektrotechnik.

15). Ueber die elektrischen Ansammlungsapparate.

(Kondensatoren und Ladungsapparate.)

a). Die elektrischen Ansammlungsapparate im allgemeinen.

Frage 128. Was versteht man unter einem elektrischen Ansammlungsapparat?

Antwort. Unter einem elektrischen Ansammlungsapparat versteht man einen jeden Apparat, auf welchem sich infolge der gegenseitigen Bindung entgegengesetzter Elektricitäten grössere Mengen von Elektricitäten ansammeln lassen.

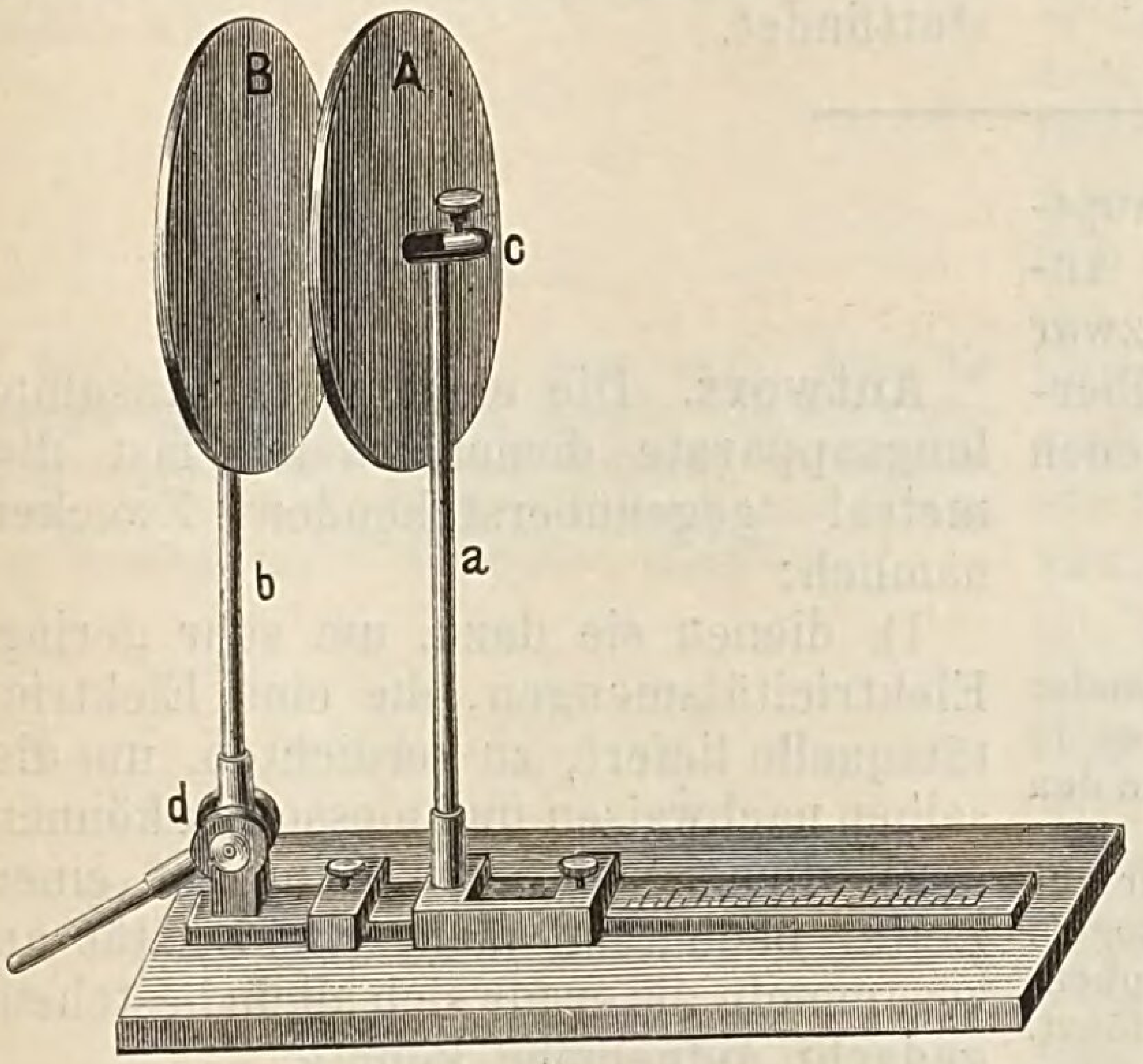
Frage 129. Worin besteht die allgemeine Einrichtung eines elektrischen Ansammlungsapparats und welche besondere Namen führen die einzelnen Bestandteile desselben?

Antwort. Die Einrichtung eines elektrischen Ansammlungsapparats besteht im allgemeinen aus zwei guten Leitern, welche die Form von Platten haben und sich so gegenüberstehen, dass zwei ihrer Flächen parallel und durch eine Luftschicht oder durch einen festen Isolator von einander getrennt sind. Die eine jener Platten ist gut isoliert und wird bei dem Gebrauch mit einem elektrischen Körper in Berührung oder mit einer Elektricitätsquelle in leitende Verbindung gebracht; dieselbe heisst Kollektorplatte (lat. Collector, d. h. Samm-

ler). Die andre Platte ist nicht isoliert und wird bei dem Gebrauch mit der Erde in leitende Verbindung gebracht; dieselbe heisst Kondensatorplatte (lat. Condensator, d. h. Verdichter). Der die beiden gegenüberstehenden Flächen dieser Platten trennende Isolator heisst nach *Faraday*, wenn er ein fester, starrer Isolator ist, das Dielektrikum.

Frage 130. Worin besteht im allgemeinen der Vorgang, nach welchem sich auf einem elektrischen Ansammlungsapparat Elektricität ansammelt?

Figur 79.



Antwort. Der Vorgang, nach welchem sich auf einem elektrischen Ansammlungsapparat Elektricität ansammelt, besteht im allgemeinen in folgendem:

Teilt man, siehe Figur 79, einer alleinstehenden isolierten Metallscheibe *A*, der Kollektorplatte eines Ansammlungsapparats, durch Berührung mit einem elektrischen Körper oder durch leitende Verbindung mit einer Elektricitätsquelle Elektricität mit, so wird diese alleinstehende Scheibe nur die Elektricitätsmenge aufnehmen, deren Dichtigkeit gleich der Dichtigkeit der Elektricität auf dem elektrisierenden Körper, bezw. auf der Elektricitätsquelle ist; alle weitere zugeführte Elektricität wird ausströmen. Stellt man aber dieser isolierten Scheibe *A* eine zweite gleiche Metallscheibe *B*, die sog. Kondensatorplatte, welche mit der Erde in leitender Verbindung steht, gegenüber und zwar so, dass beide Platten durch eine isolierende Luftschicht oder durch irgend einen festen Isolator von einander getrennt bleiben, so wird die Elektricität der Scheibe *A* auf die unelektrische Scheibe *B* nicht übergehen, wohl aber influenzierend auf dieselbe wirken und die beiden Influenzelektricitäten hervorrufen. Da nun die auf der Scheibe *B* hervorgerufene Influenzelektricität der 2ten Art, welche mit der Elektricität der Scheibe *A* gleichnamig ist, abgestossen und über die Erde verbreitet wird, so bleibt auf der Scheibe *B* nur die

Influenzelektricität der 1ten Art zurück und diese ist mit der Elektricität der Scheibe *A* ungleichnamig, sie wird also die Elektricität der Scheibe *A* binden, bezw. dieselbe anziehen oder verdichten, auf eine kleinere Fläche zusammendrängen, also ihre elektrische Spannung vermehren, was zur Folge hat, dass die isolierte Scheibe *A* alsdann noch weitere Elektricität aufnehmen kann, was nicht möglich war, so lange der Scheibe *A* die Scheibe *B* nicht gegenüberstand.

Bemerkt sei hierbei, dass wenn die elektrische Spannung auf beiden Scheiben so gross, bezw. der Abstand beider Scheiben so klein wird, dass die Elektricitäten den Leitungswiderstand der isolierenden Luftschicht überwinden können, eine gewaltsame Vereinigung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten stattfindet.

Frage 131. In welche zwei Hauptgruppen werden die elektrischen Ansammlungsapparate eingeteilt und zwar je nach den fast diametral gegenüberstehenden Zwecken, welchen sie dienen sollen?

Antwort. Die elektrischen Ansammlungsapparate dienen zweien fast diametral gegenüberstehenden Zwecken, nämlich:

1). dienen sie dazu, um sehr geringe Elektricitätsmengen, die eine Elektricitätsquelle liefert, zu verdichten, um dieselben nachweisen und messen zu können;

2). dienen sie dazu, um auf einem Leiter bedeutend mehr Elektricität anzusammeln als er für sich allein bestehend gedacht aufnehmen könnte.

Aus diesem Grunde teilt man die elektrischen Ansammlungsapparate in zwei Hauptgruppen ein, nämlich:

a). in die sogen. Kondensatoren oder Duplikatoren, welche dem vorstehend unter 1). erwähnten Zweck dienen und

b). in die sogen. Ladungs- oder eigentlichen Verstärkungsapparate, welche dem vorstehend unter 2). erwähnten Zweck dienen (siehe die Erkl. 377 und 378).

Erkl. 377. Ausser den in nebenstehender Antwort erwähnten Kondensatoren gibt es in der Mechanik noch andre Apparate, welche den Namen Kondensator (Verdichter) tragen.

So existiert z. B. ein Apparat, welcher zur Beseitigung des störenden Einflusses der sogen. Erdströme bei unterseeischen Telegraphenkabeln dient und den Namen Kondensator führt.

Ferner existiert z. B. eine Vorrichtung an den Dampfmaschinen, mittels welcher die Dämpfe, nachdem sie ihre Wirkung auf den Kolben ausgeübt haben, verdichtet werden und den Namen Kondensator führen.

Erkl. 378. Die spezielle Bezeichnung Kondensatoren für solche Ansammlungsapparate, welche zum Nachweis geringer Elektricitätsmengen dienen, ist im Grunde genommen keine richtige, indem jeder Ansammlungsapparat ein Kondensator (Verdichter der Elektricität) ist.

Frage 132. Worin besteht der wesentliche Unterschied zwischen einem Kondensator und einem Verstärkungs- oder Ladungsapparat in bezug auf ihre speziellen Einrichtungen?

Antwort. Der wesentliche Unterschied zwischen einem Kondensator und einem Verstärkungs- oder Ladungsapparat in bezug auf ihre speziellen Einrichtungen besteht darin, dass bei einem Kondensator, entsprechend den Zwecken, welchen er dient, die grösste Menge der angesammelten Elektricität abhängig ist von der Menge der Elektricität, welche die Elektricitätsquelle liefert, während bei einem Ladungs- oder Verstärkungsapparat, entsprechend den Zwecken, welchen er dient, die grösste Menge der angesammelten Elektricität abhängig ist von der Beschaffenheit des Apparats selbst. Da nun ein fester Isolator der Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten einen grösseren Widerstand als die Luft entgegensetzt, mithin ein Ansammlungsapparat mit festem Isolator eine grössere Menge Elektricität aufzunehmen vermag als ein ihm sonst gleicher Apparat, bei welchem der Isolator durch eine Luftschicht gebildet wird, so ergibt sich hieraus, dass man zu einem Kondensator auch einen solchen Ansammlungsapparat benutzen kann, dessen Isolator eine Luftschicht ist, während man zu einem Ladungs- oder Verstärkungsapparat nur einen Ansammlungsapparat mit festem Isolator benutzen wird. Hierin besteht der wesentliche Unterschied in bezug auf die speziellen Einrichtungen der Kondensatoren und der Ladungsapparate (siehe die Erkl. 379 und 380 und Antwort der Frage 136).

Erkl. 379. Wie *Riess* nachgewiesen hat, ist die Menge der Ladung, welche ein Ansammlungsapparat aufnehmen kann, unter sonst gleichen Umständen von dem Abstand der Kollektor- und Kondensatorplatte abhängig. Da nun bei einem Ansammlungsapparat mit festem Isolator beide Platten näher zusammengerückt werden können, als dies der Fall ist, wenn der Isolator durch eine Luftschicht gebildet ist, so folgert hieraus, dass ein Ansammlungsapparat mit festem Isolator (mit einem Dielektrikum) mehr Elektricität aufnehmen kann als ein solcher, dessen Isolator eine Luftschicht ist, vorausgesetzt, dass die übrigen Umstände gleiche sind.

Erkl. 380. *Faraday* wies nach, dass die Menge der Elektricität, welche ein Ansammlungsapparat mit festem Isolator aufnehmen kann, auch abhängig ist von der Substanz und der Beschaffenheit des festen Isolators.

b). Der Kondensator.

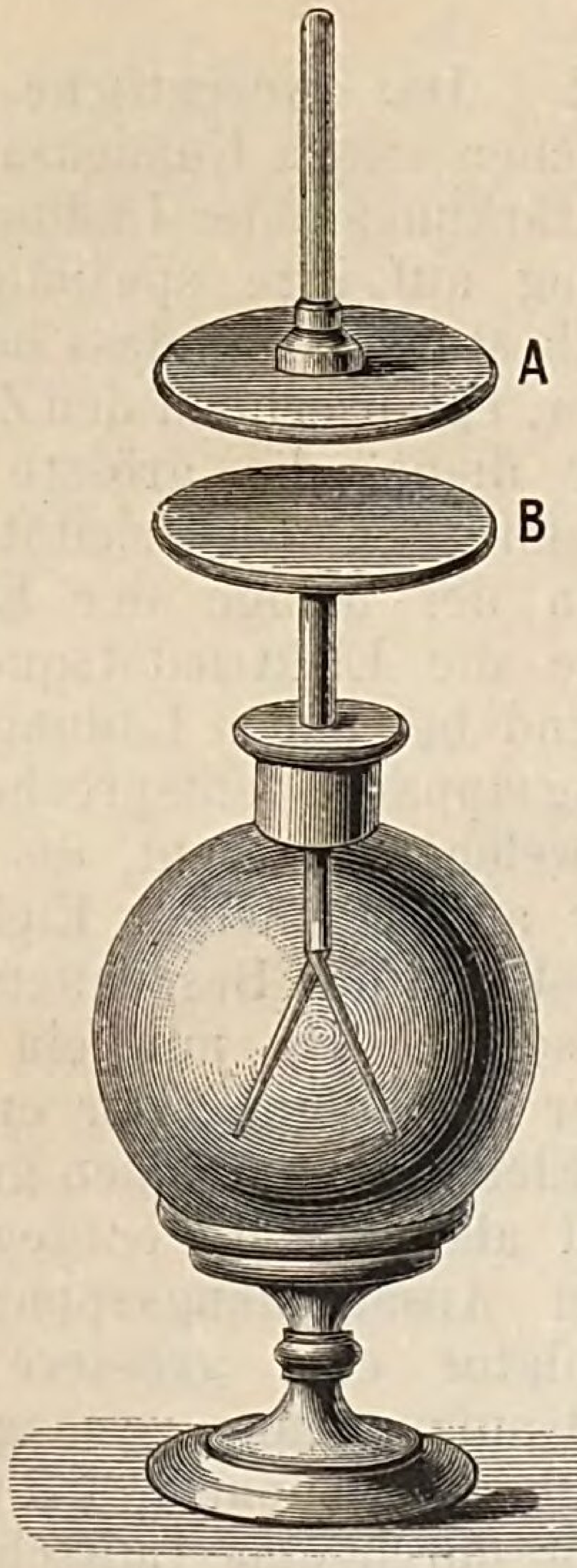
Frage 133. Worin besteht die spezielle Einrichtung eines Kondensators?

Antwort. Die speziellen Einrichtungen von elektrischen Ansammlungsapparaten, wie sie als Kondensatoren benutzt werden (siehe Antwort der Frage 131) sind verschiedene.

Die bekanntesten und für gewöhnliche Zwecke am meisten angewandten Kondensatoren sind:

Erkl. 381. Den ersten elektrischen Ansammlungsapparat und zwar in seiner Verwendung als Kondensator hat zuerst *Volta* 1782 konstruiert.

Figur 80.



Erkl. 382. Durch die Figur 81 ist ein Kondensator dargestellt, wie er z. B. zu grösseren Demonstrationszwecken verwendet wird. Die Einrichtung desselben ist folgende:

Am oberen Ende der gut isolierenden Glassäule *ab* ist eine, in der Figur nicht sichtbare, mit einem kreisförmigen Wulste versehene Metallplatte, die sogenannte Kollektorplatte *A* befestigt. Auf dieser Platte *A* liegt die isolierende, grössere rechteckige Platte *C*, welche aus Glas oder Guttapercha besteht. Eine der Metallplatte *A* ganz gleiche Metallplatte *B* (die sogen. Kollektorplatte), welche wie jene ebenfalls mit einem ringförmigen Wulste umgeben und mit dem isolierenden gläsernen Handgriff *d* versehen ist, wird auf die isolierende Platte *C*, der Platte *A* genau gegenüber, aufgesetzt. An der Kondensatorplatte *A* ist ein Häckchen angebracht, an welchem ein elektrisches Pendelpaar aufgehängt wird, das aus zwei an leitenden Fäden befestigten Pflanzenmarkkügelchen besteht. Auf der Kollektorplatte *B* wird ein Stativchen aufgesetzt, an welchem ein gleiches Pendelpaar aufgehängt ist.

Erkl. 383. Wie sich aus späterem ergibt, dienen die in nebenstehender Antwort erwähnten Kondensatoren zur Nachweisung von schwachen

a). der mit Elektroskop verbundene Firniskondensator von *Volta*;
b). der von *Riess* verbesserte Luftkondensator.

Voltas Firniskondensator, welcher durch die Figur 80 dargestellt ist, besteht aus den gleichen kreisförmigen Metallplatten *A* und *B*, welche auf den Flächen, mit welchen sie bei dem Gebrauch aufeinandergelegt werden, mit einer dünnen, aber ganz gleichmässigen Schellackfirnisschicht überzogen sind. Die Platte *A* (der Deckel oder die Kollektorplatte) ist mit einem gut isolierenden gläsernen Handgriff versehen, die Platte *B* (die Kondensatorplatte) ist auf einer nicht isolierten Säule befestigt oder meist, wie die Figur 80 zeigt, auf einem Elektroskop oder einem Elektrometer aufgeschraubt; in letzterem Fall ist auch die Kondensatorplatte *B* durch die Flasche des Elektroskops isoliert, weshalb man in diesem Fall jede der Platten, sowohl als Kollektor wie auch als Kondensator benutzen kann.

Der Isolator, das sogen. Dielektrikum, wird bei diesem Kondensator durch jene dünne Schellackfirnisschicht gebildet und daher rührt die Bezeichnung Firniskondensator.

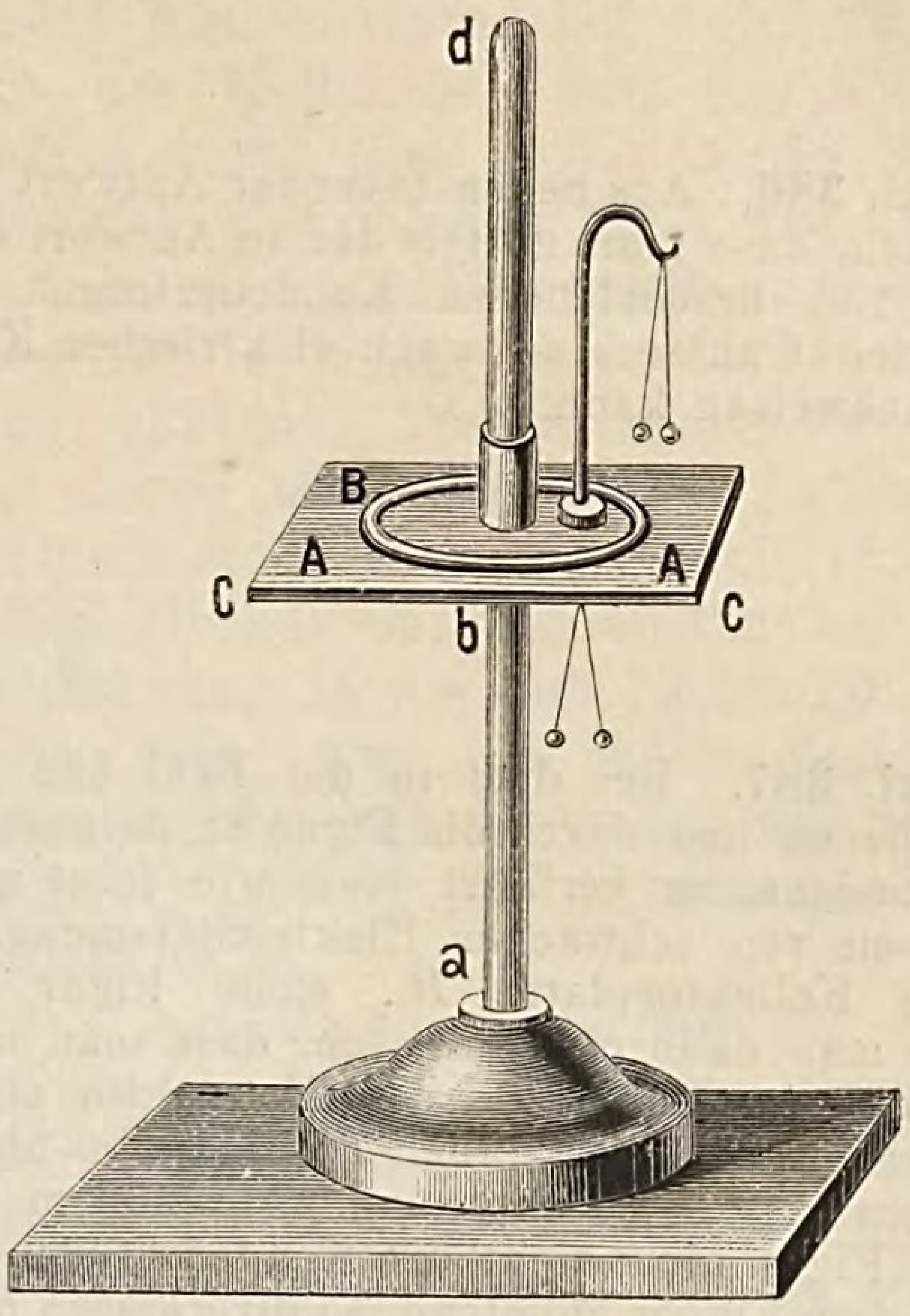
Der von *Riess* verbesserte Luftkondensator ist mit Weglassung aller Nebenbestandteile bereits durch die Figur 79 dargestellt; derselbe besteht aus den gleichen kreisförmigen Metallplatten *A* und *B*. Die Metallplatte *A* bildet die Kollektorplatte, sie ist isoliert auf der Glassäule *a* befestigt und kann durch Verschieben der Hülse, auf welcher die Glassäule *a* befestigt ist, der Platte *B* beliebig genähert und von derselben entfernt werden. Die Metallplatte *B* bildet die Kondensatorplatte, sie ist nicht isoliert, also leitend mit der Erde verbunden und kann mittels eines Scharniers umgelegt werden (siehe die Erkl. 381—386).

Elektricitätsquellen, nicht aber zur vergleichenden Messung der von verschiedenen Elektricitätsquellen gelieferten Elektricitätsmengen.

Erkl. 384. Die Kondensatoren finden besonders Anwendung bei der Berührungselektricität.

Erkl. 385. Einige andre Kondensatoren, mittels welcher man nicht allein schwache Elektricitätsquellen nachweisen, sondern auch messen kann, sind in den Antw. der Fragen 137 und 138 und in späteren Kapiteln beschrieben.

Figur 81.



Frage 134. Wie werden die in vorstehender Antwort erwähnten Kondensatoren geladen und worin besteht der hierbei stattfindende Vorgang?

Antwort. Der Vorgang bei der Ladung der in voriger Antw. beschriebenen Kondensatoren besteht in folgendem:

Teilt man der Platte *B* des durch die Figur 80 dargestellten Firniskondensators von *Volta*, welcher mit einem Elektroskop in Verbindung steht, durch Berührung mit einem auf seine Elektricität zu untersuchenden Körper eine geringe Menge Elektricität mit, so kann dieselbe auf die obere Platte *A*, welche man sich auf der Platte *B* liegend zu denken hat, nicht übergehen, da beide Platten durch die Schellackschicht isoliert sind, wirkt aber auf die Platte *A* influenzierend. Leitet man nun die auf der Platte *A* hervorgerufene Influenzelektricität 2ter Art, welche mit der auf der Platte *B* befindlichen gleichnamig ist, durch Berührung mit dem Finger ab, so wird die auf der Platte *A* zurückbleibende Influenzelektricität der 1ten Art die Elektricität auf der Platte *B*, welche mit jener ungleichnamig ist, binden und hierdurch wird die Platte *B* befähigt, noch mehr Elektricität aus dem zu untersuchenden Körper aufnehmen zu können.

Durch wiederholtes Verfahren werden

somit grössere Mengen von Elektricität aus jener Elektricitätsquelle angesammelt.

Hat man die beiden Platten des Kondensators auf diese Weise mit grösseren Mengen entgegengesetzter Elektricitäten geladen und man hebt alsdann die Platte *A* an dem isolierenden Handgriff auf, so wird die Elektricität in der Platte *B* frei und kann an dem mit ihr in leitender Verbindung stehenden Elektroskop durch die Divergenz der Goldblättchen erkannt werden.

Bei dem durch die Figur 79 dargestellten Luftkondensator ist der Vorgang ein ganz gleicher.

Wird zunächst die Kondensatorplatte *B* zurückgeschlagen und die Kollektorplatte *A* elektrisch geladen, so wird diese Ladung eine bestimmte Grenze nicht überschreiten können und zwar die Grenze, bei welcher die Elektricität auf der Platte *A* gleiche Dichtigkeit mit der Elektricität des zu prüfenden Körpers hat, indem jede weitere von der Elektricitätsquelle zugeführte Elektricität ausströmt. Wird dann die leitende Verbindung mit der Elektricitätsquelle aufgehoben und die Kondensatorplatte *B* in einer geringen Entfernung der Kollektorplatte *A* parallel gegenübergestellt, so wird erstere durch Influenz elektrisch; dadurch aber, dass diese Platte *B* mit der Erde in leitender Verbindung steht, wird die Influenzelektricität der 2^{ten} Art abgeleitet und die zurückbleibende Influenzelektricität der 1^{ten} Art kann stärker anziehend auf die ihr ungleichnamige Elektricität der Platte *A* wirken, infolgedessen wird die Dichtigkeit der Elektricität auf dem Teil der Platte *A*, welcher der Platte *B* abgewendet ist, geringer und die Platte *A* kann weitere Elektricität aus der Elektricitätsquelle aufnehmen (siehe die Erkl. 386—388).

Erkl. 386. Aus nebenstehender Antwort ergibt sich, dass man mittels der in Antwort der Frage 133 beschriebenen Kondensatoren die Elektricität äusserst schwach elektrischer Körper nachweisen kann.

Erkl. 387. Bei dem in der Erkl. 382 beschriebenen und durch die Figur 81 dargestellten Kondensator verfährt man wie folgt zum Nachweis von schwachen Elektricitätsmengen:

Die Kollektorplatte *B*, siehe Figur 81, macht man dadurch elektrisch, dass man mittels eines Ausladers von dem Konduktor einer Elektrisiermaschine Funken auf dieselbe überspringen lässt. Berührt man währenddem die in der Figur nicht sichtbare Kondensatorplatte *A* mit dem Finger ableitend, so divergieren n u r d i e o b e r e n Pendel; bringt man den Finger an die Kollektorplatte und berührt diese ableitend, so verlieren die oberen Pendel ihre Divergenz und die unteren Pendel divergieren.

Ist die in dem Kondensator angehäufte Elektricität schliesslich so gering geworden, dass die Pendel nur noch sehr wenig divergieren, dass also die noch vorhandene Elektricität s e h r g e r i n g ist, und man hebt die Kollektorplatte *B* auf, so divergieren die Pendelpaare infolge des Freiwerdens der noch gebundenen Elektricität wieder stärker, womit der Beweis gegeben ist, dass man auch mit diesem Apparat ziemlich geringe Elektricitätsmengen nachweisen kann.

Erkl. 388. Wie weit die Wirksamkeit eines Kondensators in bezug auf die Aufnahme einer Elektricitätsmenge geht, ist in dem II. Teil enthalten.

Frage 135. Welcher Unterschied findet zwischen einem Kondensator, bei welchem der Isolator durch eine Luftschicht und einem solchen, bei welchem der Isolator durch einen festen Körper gebildet wird, statt?

Antwort. Der Unterschied zwischen den in der Frage erwähnten und durch die Figuren 79 und 80 dargestellten Kondensatoren besteht in folgendem:

1). Der durch die Figur 80 dargestellte Kondensator, bei welchem nämlich die Kollektor- und Kondensatorplatten durch eine **isolierende Schellackschicht** getrennt sind, **bleibt länger geladen** als der durch die Figur 79 dargestellte Kondensator, bei welchem die Kollektor- und Kondensatorplatten nur durch eine isolierende Luftschicht getrennt sind, und bei welchem an sämtlichen Flächen der beiden Platten durch Zerstreuung in die Luft Elektricität verloren geht, was bei jenen Kondensatoren, bei welchen die isolierende Schicht ein fester Isolator ist, nicht in der Weise stattfindet.

2). Den durch die Figur 80 dargestellten Kondensator, welcher eine feste Isolierschicht zwischen der Kollektor- und der Kondensatorplatte hat, kann man, wie schon in Antwort der Frage 134 erwähnt, stärker laden als denjenigen, bei welchem die isolierende Schicht durch die Luft gebildet wird, siehe Figur 79, indem ein fester Isolator den auf den Kollektor- und Kondensatorplatten befindlichen Elektricitäten, die stets bestrebt sind, sich zu vereinigen, einen grösseren Widerstand entgegensetzt, als dies z. B. bei der Luft der Fall ist.

3). Der feste Isolator bei einem Kondensator dient selbst wieder als Ansammlungsapparat, indem bei stärkerer Ladung des Kondensators die Elektricitäten die leitenden Flächen fast ganz verlassen und sich auf den mit ihnen in Verbindung stehenden Flächen des festen Isolators ansammeln (siehe die Erkl. 389 und 390).

Erkl. 389. Die nebenstehend unter 3). erwähnte Erscheinung bei einem Kondensator mit festem Isolator beobachtete zuerst *Franklin*. *Franklin* hatte nämlich einen Ansammlungsapparat konstruiert, bei welchem der Kondensator aus einer Bleiplatte, der Kollektor aus einer mit einem isolierenden Handgriff versehenen zweiten Bleiplatte bestand und bei welchem die beide Platten isolierende Schicht durch eine Glasscheibe gebildet wurde. War dieser Kondensator geladen und brachte *Franklin* die Kollektorplatte an ein Elektroskop, so zeigte dieselbe nur wenig Elektricität; desgleichen die Kondensatorplatte, wenn die Glasscheibe weggenommen wurde. Setzte *Franklin* den Kondensator wieder zusammen, so zeigte sich der ganze Kondensator fast gerade wieder so kräftig geladen wie vorher.

Erkl. 390. Aus nebenstehender Antwort ergibt sich, dass eigentlich die isolierende Schicht der Ort der Ansammlung ist und dass die Kollektor- und die Kondensatorplatten nur zur Entladung dienen, indem sie als gute Leiter rasch die Elektricität von der Isolierschicht aufnehmen und fortleiten.

Frage 136. Welche besondere Vorsichtsmassregeln hat man bei *Voltas* Firniskondensator zu beachten und welche Nachteile hat derselbe?

Antwort. Da ein Isolator, wie z. B. Schellack, durch Reiben selbst elektrisch wird, so muss man bei dem Gebrauch eines Kondensators, wie der durch die Figur 80 dargestellte, darauf achten, dass der Isolator beim Abheben der Platte B nicht gerieben wird, denn sonst wird die Schellackschicht elektrisch und die beiden Platten A und B bilden mit der

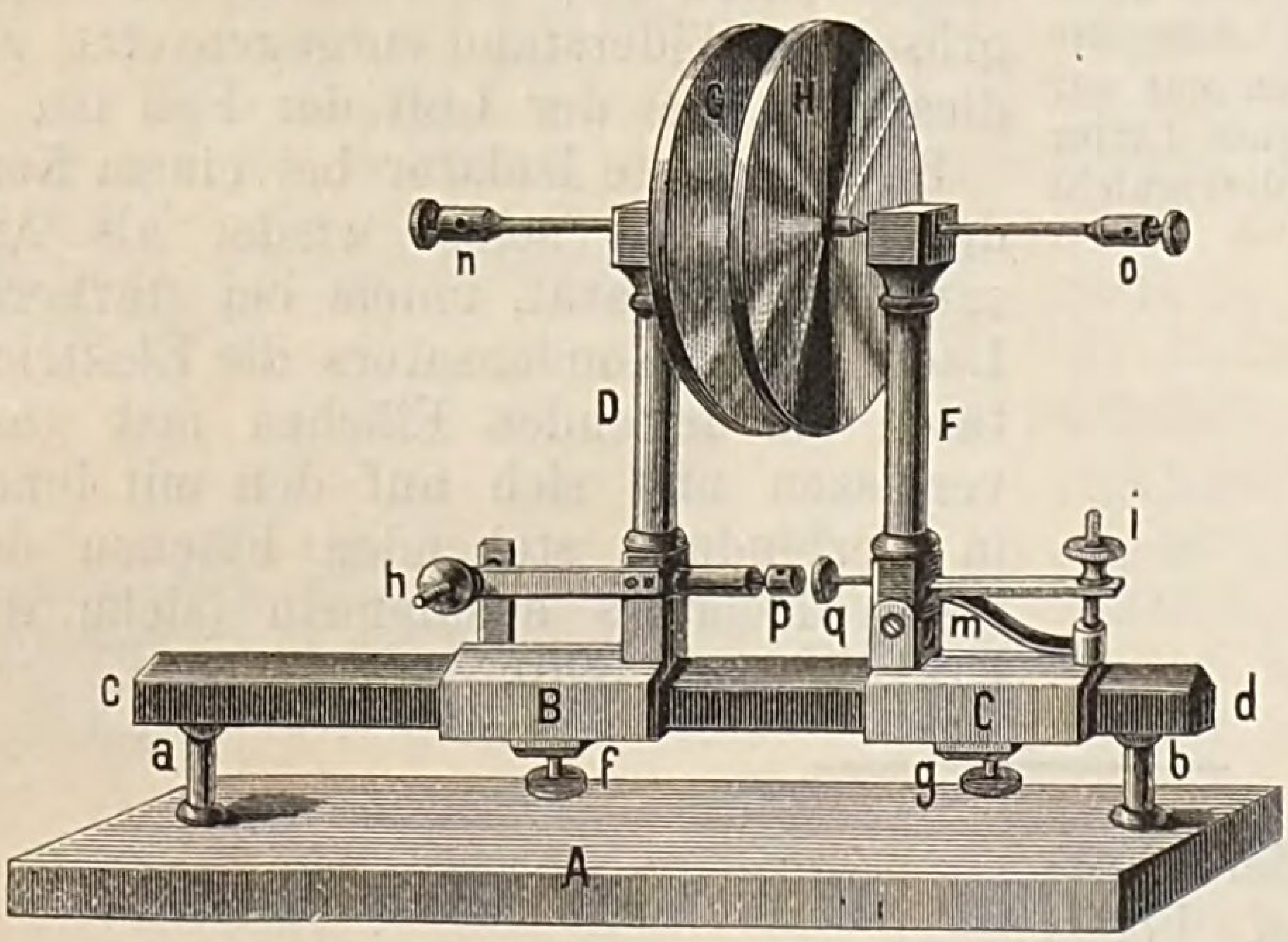
dazwischen befindlichen Schicht nicht mehr einen Kondensator, sondern einen Elektrophor (siehe Erkl. 258).

Deshalb wird empfohlen, vor dem Gebrauch eines solchen Kondensators die Platten mit den Flächen, welche mit Schellackfirnis überzogen sind, rasch durch eine Weingeistflamme zu ziehen, damit die isolierende Schicht unelektrisch wird.

Die Nachteile, welche der durch die Figur 80 dargestellte Kondensator bei Messungen von Elektricitätsmengen hat, bestehen besonders darin, dass man die Kollektorplatte nicht immer genau in derselben Weise abheben und wieder aufsetzen kann.

Frage 137. Worin besteht die Einrichtung und der Gebrauch des Kondensators von Professor *Kohlrausch*, der zur vergleichenden Messung verschiedener, schwacher Elektricitätsquellen dient?

Figur 82.



Antwort. Die Einrichtung des Kondensators von Professor *Kohlrausch* besteht seinem Wesen nach in folgendem:

Auf der mittels Stellschrauben verstellbaren Holzplatte A, siehe Figur 82, sind die beiden Messingsäulchen a und b angebracht, welche das Stahlprisma cd tragen. Auf diesem Stahlprisma cd lassen sich die beiden Messinghülsen B und C in gelinder Reibung hin- und herschieben und mittels der Schrauben f und g feststellen. Jede der Messinghülsen B und C trägt ein Holzsäulchen von gut getrocknetem Holz. Diese Holzsäulchen D und F tragen oben die circa 2 mm dicken, nicht gefirnisten, aber innen vergoldeten Kreismessingscheiben G und H von circa 15 cm Durchmesser. Diese Scheiben G und H sind an Messingstäben angeschraubt, welche in die Holzsäulchen D und F mit Schellack eingekittet sind. Mittels der Klemmschrauben n und o kann durch einen Draht die eine der Platten G und H mit der Elektricitätsquelle, die andre Platte mit der Erde in leitende Verbindung

gesetzt werden. Die Stellschrauben *h* und *i* und die Feder *m* dienen dazu, die Holzsäulchen *D* und *F* so verstellen zu können, dass die vergoldeten Flächen der Scheiben *G* und *H* parallel zu einander stehen. Die Schraube *p* und die cylindrische Hervorragung *q* an den Holzsäulchen *D* und *F* dienen dazu, um bei dem Laden des Apparats den Platten *G* und *H*, bezw. den Holzsäulchen *D* und *F* stets eine und dieselbe Entfernung geben zu können.

Der Gebrauch besteht in folgendem: Zuerst werden die Platten *G* und *H* so gerichtet, dass ihre vorderen Flächen genau parallel sind, dann werden die Platten bis auf eine bestimmte Entfernung genähert, bezw. so weit genähert, dass die Schraube *p* und die Spindel *q* gegen einander stossen. Dann wird der Apparat geladen, d. h. in die Klemmschrauben *n* und *o* werden die erwähnten Drähte, Zu- und Ableitungsdraht, befestigt. Ist der Apparat geladen, so werden die Platten auseinandergeschoben, die Kondensatorplatte wird entladen und die Kollektorplatte, d. i. diejenige, welche vorher mit der Elektricitätsquelle in leitender Verbindung gesetzt war, auf ihre Elektricität untersucht.

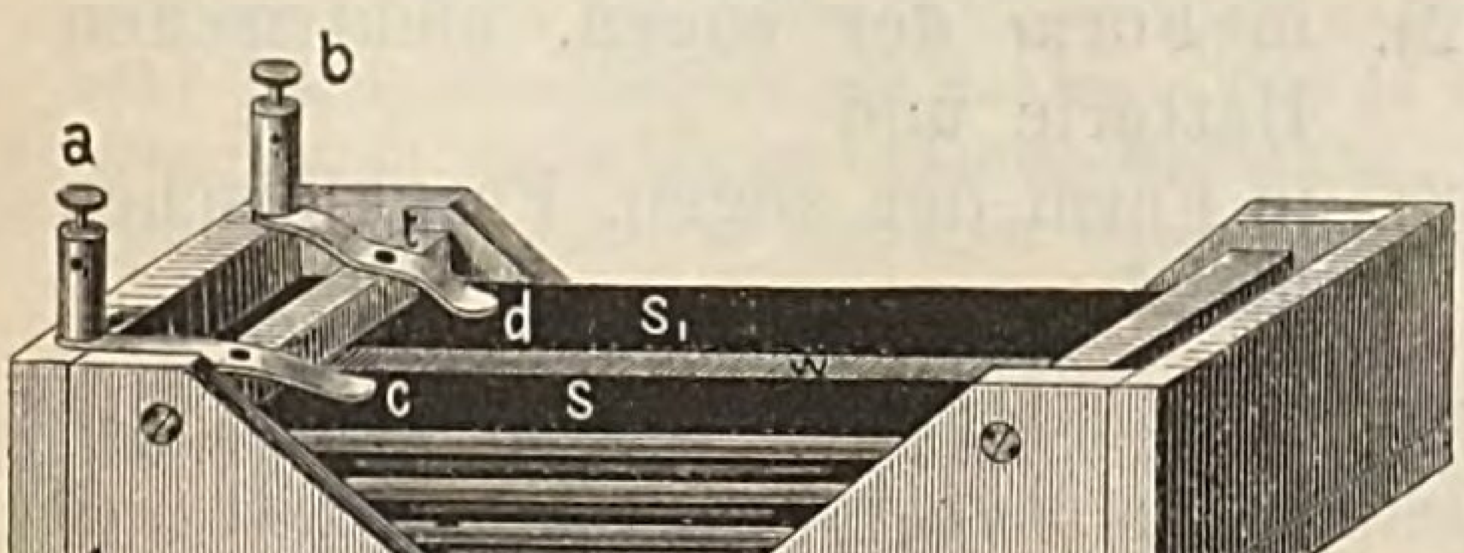
Dieser Kondensator hat die in Antwort der Frage 136 erwähnten Nachteile nicht (siehe die Erkl. 391 und 392).

Erkl. 391. Die Figur 82 stellt nach *Müller* den Kondensator von Professor *Kohlrausch* mit einigen Abänderungen dar.

Erkl. 392. Der nebenstehend beschriebene Luftkondensator von *Kohlrausch* kann, wie später gezeigt wird, in Verbindung mit dem später vorgeführten Dellmannschen Elektrometer zur Messung von schwachen, stetigen Elektricitätsquellen benutzt werden.

Frage 138. Worin besteht die Einrichtung und der Gebrauch von *Stöhrers* Wachstaffetkondensator?

Figur 83.



Antwort. Die Einrichtung des von *Stöhrer* konstruierten sogen. Wachstaffetkondensators besteht in folgendem:

Ein Streifen von Wachstaffet, welcher circa 2,5 m lang und 28 cm breit ist, ist beiderseits mit Stanniol belegt und zwar so, dass wenn in Figur 83 *s* und s_1 die von der andern Seite des Wachstaffets übergreifenden Stanniolbelegungen vorstellen, der Streifen *w* des Wachstaffets beiderseits unbelegt bleibt.

Die Stanniolbelegung ist mittels Schellack aufgeklebt, der Wachstaffet selbst ist überall gut mit Schellackfirnis überzogen, also ein Isolator. Dieser Wachstaffetstreifen ist wie ein Band zusam-

Erkl. 393. Wendet man bei dem nebenstehend beschriebenen Apparat als Isolator statt des Wachstaffets Glimmerblättchen an und verbindet mehrere auf ähnliche Weise belegte Glimmerblättchen, wie nebenstehend angeführt, zu einer Batterie, so kann man mit einem solchen Apparat schon stärkere Ladungen erhalten und untersuchen.

Erkl. 394. Den nebenstehend beschriebenen Apparat von *Stöhrer* kann man als eine besondere Art der später beschriebenen Franklinschen Tafel betrachten.

Erkl. 395. Der nebenstehend beschriebene Kondensator *Stöhrers* unterscheidet sich von dem in Antwort der Frage 137 beschriebenen Kondensator von *Kohlrausch* dadurch, dass die beiden Stanniolbelegungen, welche die Metallplatten an dem Kondensator von *Kohlrausch* vertreten, nicht durch eine isolierende Luftschicht, sondern durch den isolierenden Wachstaffet oder, wie in der Erkl. 393 erwähnt, durch Glimmerblättchen isoliert und gleichzeitig mit denselben ein für allemal fest verbunden sind.

Erkl. 396. Bei dem nebenstehend beschriebenen Kondensator von *Stöhrer* ist eine möglichst grosse Oberfläche hergestellt. Es gibt noch ähnliche Kondensatoren, bei welchen die Kollektor- und Kondensatorplatten aus Papier und Stanniol oder aus dünnem Guttapercha und Stanniol bestehen. Derartige weitere Kondensatoren sind in späteren Abschnitten beschrieben.

mengelegt, jedoch so, dass jede Lage des Wachstaffets von der nächstfolgenden durch ein dünnes tannenes Brettchen getrennt ist. Diese soweit beschriebene Vorrichtung liegt in dem Kasten *AA*. An diesen Kasten sind zwei mit den Klemmschrauben *a* und *b* versehene Messingsäulchen angebracht, an welchen die Kupferfedern *c* und *d* befestigt sind und so die leitende Verbindung zwischen den Stanniolbelegungen und den in den Klemmschrauben *a* und *b* zu befestigenden Drähte, von welchen der eine nach der Elektricitätsquelle, der andre zur Erde führt, herstellen.

Dieser Kondensator von *Stöhrer* wird in Verbindung mit dem später beschriebenen Funkeninduktor angewandt, dient jedoch nur zur Messung von Elektricität mit ganz geringer Spannung, indem hier die Isolation durch den Wachstaffet keine vollständige ist (siehe die Erkl. 393—396).

c). Die Ladungs- oder Verstärkungsapparate.

Frage 139. Unter welchen verschiedenen Namen kommen die elektrischen Ansammlungsapparate als Ladungs- oder als Verstärkungsapparate in Anwendung?

Antwort. Die elektrischen Ansammlungsapparate kommen als Ladungs- oder als Verstärkungsapparate in folgenden verschiedenen Formen zur Anwendung:

1). in Form der sogen. elektrischen Flasche, Ladungs-, Verstärkungs-, Kleistschen oder Leydener Flasche;
2). in Form der sogen. elektrischen Batterie und
3). in Form der sogen. Franklinschen Tafel.

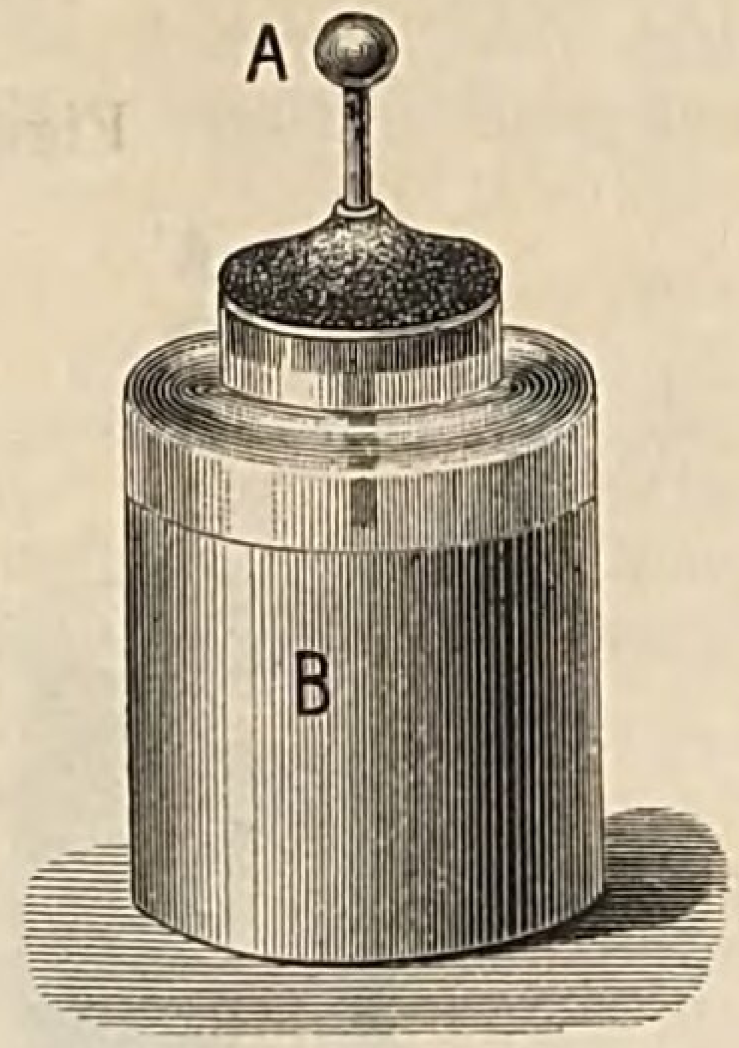
Frage 140. Worin besteht die Einrichtung einer elektrischen Verstärkungs- oder Leydener Flasche?

Antwort. Die Einrichtung einer elektrischen Ladungs- oder Verstärkungsflasche, auch elektrische Flasche, Kleistsche oder Leydener Flasche genannt

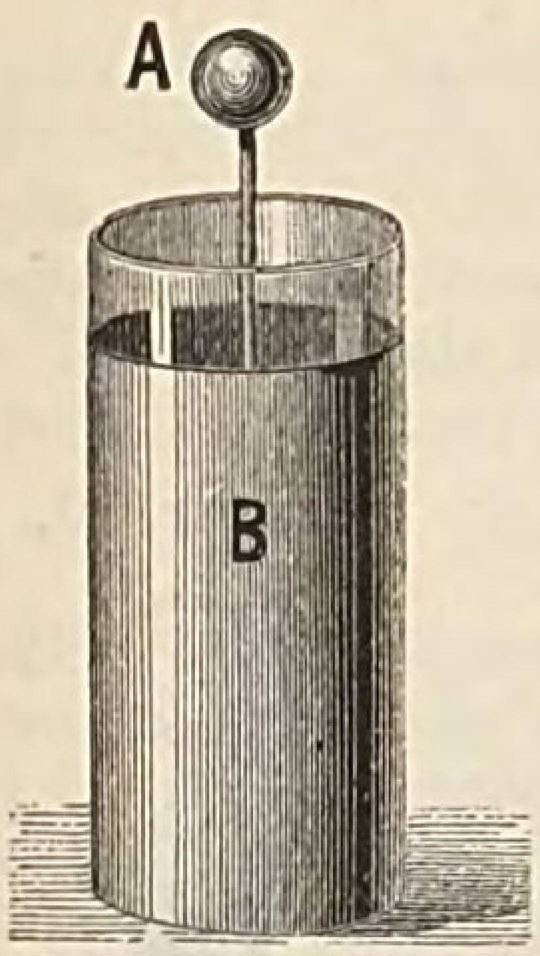
Figur 84.



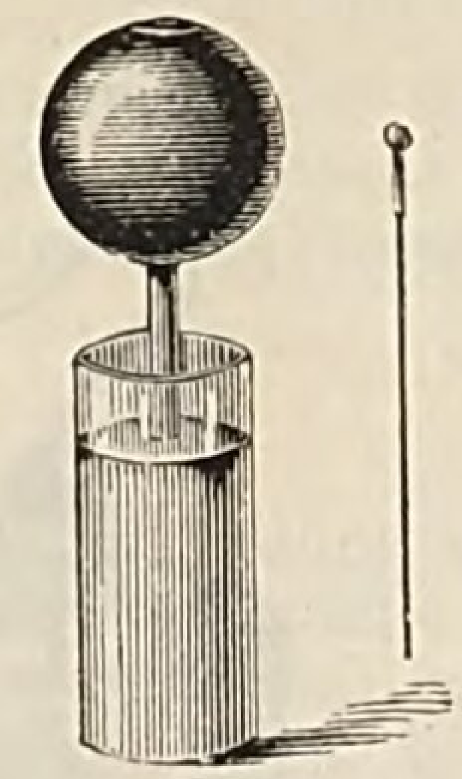
Figur 85.



Figur 86.



Figur 87.



Erkl. 397. Die elektrische Verstärkungsflasche wurde im Jahr 1745 von dem Prälaten und Domherrn *von Kleist* zu Cammin in Hinterpommern und fast gleichzeitig im Jahr 1746 durch den Privatmann *Cunäus* in Leyden erfunden. Sie führt dementsprechend auch die Namen Kleistsche oder Leydener Flasche. Die Erfindung der Verstärkungsflasche war bei beiden eine zufällige.

Kleist elektrisierte einen Draht, der in dem Kork eines Fläschchens stack, in welchem sich etwas Quecksilber befand. Als er das Fläschchen in der einen Hand hielt und den Draht mit der andern Hand berührte, erhielt er einen sehr heftigen elektrischen Schlag. Die in dem Fläschchen befindliche leitende Substanz, das Quecksilber, bildete mit dem Draht den Kollektor, der Kondensator wurde von der berührenden Hand gebildet (siehe Antwort der Frage 142). *Kleist* erkannte den Vorgang des von ihm zufälligerweise gemachten wichtigen Experiments nicht.

Cunäus elektrisierte in ähnlicher Weise wie *Kleist* einen Draht, der in einem mit Wasser gefüllten Zuckerglas sich befand. Als er den Draht herausnehmen wollte, erhielt auch er

(siehe die Erkl. 397 und 398), besteht in folgendem:

Eine weite cylindrische Glasflasche, siehe die Figuren 84—90, welche verschiedene Formen von Verstärkungsflaschen darstellen, ist am Boden und an der Seitenwand bis auf einige Centimeter vom oberen Rande sowohl aussen als auch innen mit Stanniol (Zinnfolie, gewalztes Zinn) beklebt. Der übrige nicht belegte Teil der Flasche ist mit Schellackfirnis überzogen (siehe die Erkl. 399 und 400). In den weiten Hals der Flasche ist bei den durch die Figuren 84 und 85 dargestellten Verstärkungsflaschen ein gefirnister Holzdeckel eingepasst, der in der Mitte einen starken Messingdraht trägt. Dieser Messingdraht endigt in zwei kugeligen Messingknöpfen. An dem Messingknopf, der sich im Innern der Flasche befindet, ist eine Metallkette befestigt, die denselben mit der inneren Stanniolbelegung in leitende Verbindung setzt.

Bei den durch die Figuren 86 und 87 dargestellten Verstärkungsflaschen ist das Glasgefäss oben offen und ist der den oberen Metallknopf tragende Messingdraht am Boden des Glasgefässes befestigt, oder er ist, wie die Figur 88 zeigt, mit einem Dreifuss versehen, welcher in das Glasgefäss gestellt und somit gleichzeitig mit der inneren Belegung in leitende Verbindung gebracht wird.

Die durch die Figuren 89 und 90 dargestellten Verstärkungsflaschen, deren Hälse sehr enge sind, enthalten nur eine äussere Belegung; die innere Belegung wird dadurch ersetzt, dass diese Flaschen mit unechtem Goldschaum gefüllt sind (siehe die Erkl. 401—404).

einen heftigen Schlag. *Cunäus* teilte sein gemachtes Experiment dem Physiker *Muschenbrock* mit, welcher das Experiment wiederholte und es dem französischen Physiker *Nollet* mitteilte. *Nollet* gab der Flasche den Namen Leydener Flasche und nannte das Experiment den Leydener Versuch. *Nollet* stellte viele Versuche mit elektrischen Verstärkungsapparaten an und tötete Tiere damit.

Erkl. 398. Die jetzt übliche, in umstehender Antwort im allgemeinen beschriebene Form der elektrischen Verstärkungsflasche rührt von dem Engländer *Bevis* her.

Bevis war ein praktischer Arzt in London und lebte in den Jahren 1695—1771.

Erkl. 399. Früher benutzte man statt des Ueberzugs von Schellackfirnis einen Ueberzug von Siegellacklösung.

Erkl. 400. Die Stanniolbelegungen bei einer Verstärkungsflasche werden gewöhnlich, vom Boden ab gerechnet, bis zu 66—75 Hundertstel der Höhe der Flasche angelegt.

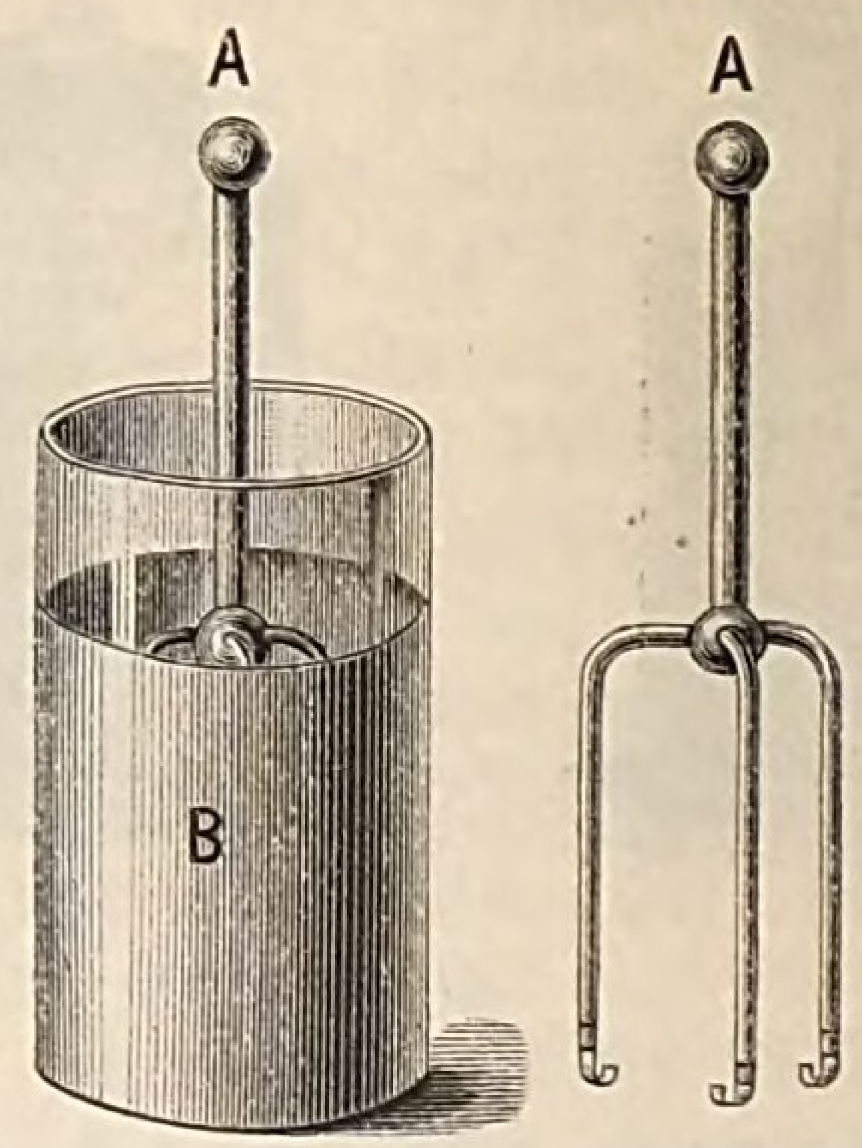
Erkl. 401. Bei kleineren Verstärkungsflaschen und bei solchen Flaschen, welche einen engen Hals haben, bleibt die innere Stanniolbelegung weg, dafür wird aber die Flasche mit einer gut leitenden Substanz, z. B. mit Eisen- oder Messingfeilspähnen, mit Silberpapier oder mit unechtem Goldschaum bis zur Höhe der äusseren Stanniolbelegung gefüllt.

Erkl. 402. Das Glas oder die Flasche, welche zu einer Verstärkungsflasche angewandt wird, muss überall möglichst gleich dicke Wandungen haben.

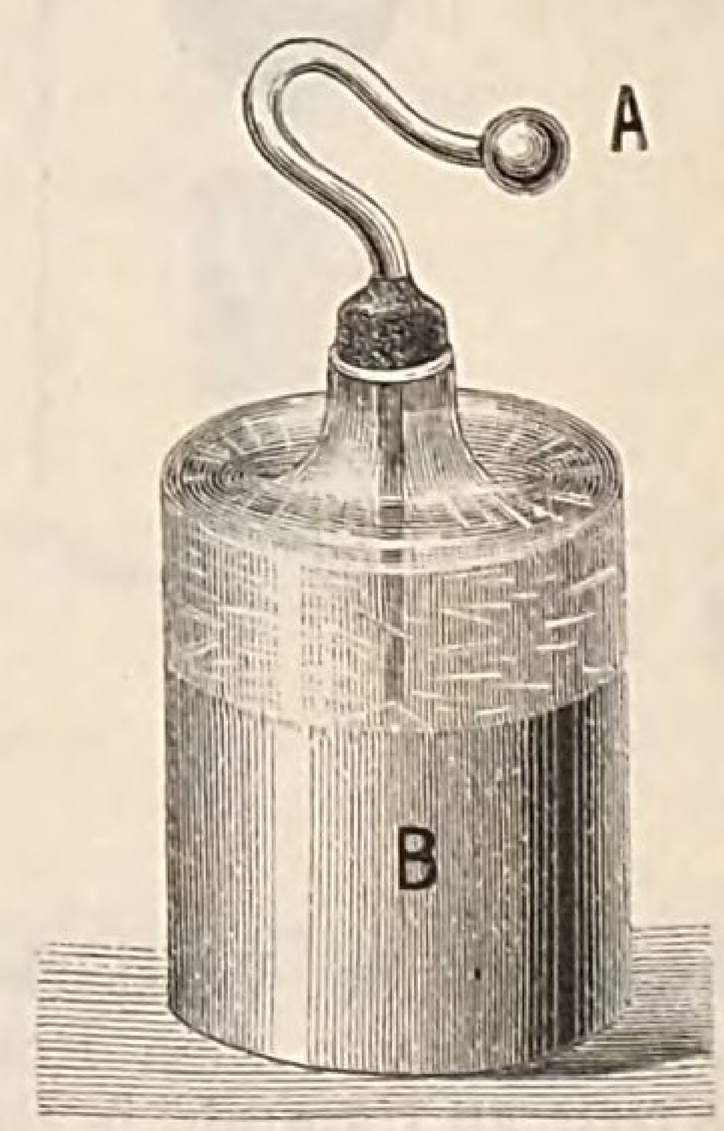
Erkl. 403. Statt eines Glasgefässes kann man auch ein ähnlich geformtes Gefäss von Ebonit benutzen.

Erkl. 404. Bei den Verstärkungsflaschen bildet die innere Belegung den Kollektor, die äussere den Kondensator des durch sie dargestellten Ansammlungsapparats.

Figur 88.



Figur 89.



Figur 90.



Frage 141. Auf welche Weise wird eine Verstärkungsflasche geladen?

Antwort. Eine elektrische Verstärkungsflasche kann man auf zweierlei Weise laden, nämlich:

1). indem man die äussere Belegung der Flasche mit dem Boden und den Knopf, bezw. die innere Belegung der Flasche mit irgend einer Elektricitätsquelle in leitende Verbindung bringt, oder

2). indem man die innere Belegung der Flasche mit dem Boden, dann

Erkl. 405. Als Elektricitätsquelle zur Ladung einer Verstärkungsflasche benutzt man entweder den Konduktor einer Elektrisiermaschine, die Elektroden einer Influenzmaschine, den Deckel eines Elektrophors oder irgend eine andre der in späteren Abschnitten vorgeführten Elektricitätsquellen.

Erkl. 406. Die leitende Verbindung der äusseren Belegung mit dem Erdboden stellt man am einfachsten dadurch her, dass man die Flasche an der äusseren Belegung mit der Hand anfasst.

Erkl. 407. Die leitende Verbindung der inneren Belegung einer Verstärkungsflasche mit dem Erdboden stellt man dadurch her, dass man den Knopf mit der Hand anfasst.

Erkl. 408. Benutzt man bei der Ladung einer Verstärkungsflasche als Elektricitätsquelle eine Elektrisiermaschine, so kann man auch die innere Belegung mit dem Konduktor, die äussere Belegung mit dem Reibzeug in leitende Verbindung, oder umgekehrt, setzen (s. Erkl. 414).

Erkl. 409. Benutzt man zur Ladung einer Verstärkungsflasche als Elektricitätsquelle eine Influenzmaschine, so kann man auch die innere Belegung mit der einen der Elektroden, die äussere Belegung mit der andern Elektrode in leitende Verbindung setzen.

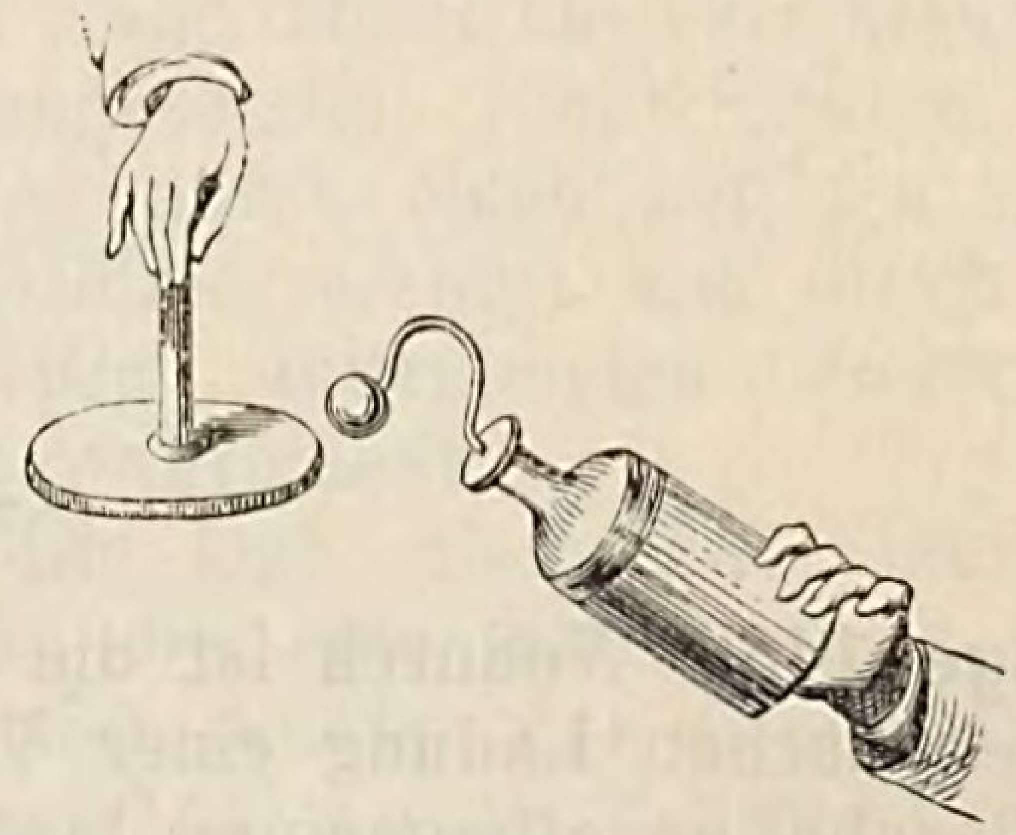
Erkl. 410. Benutzt man zur Ladung einer Verstärkungsflasche als Elektricitätsquelle den Deckel eines Elektrophors, so nähert man, siehe Figur 91, je nachdem man die innere oder äussere Belegung mit der Elektricität des Elektrophordeckels laden will, den Elektrophordeckel dem Knopf oder der äusseren Stanniolbelegung der Verstärkungsflasche.

aber die äussere Belegung mit irgend einer Elektricitätsquelle in leitende Verbindung bringt.

Die leitende Verbindung mit der Elektricitätsquelle wird gewöhnlich nicht hergestellt, sondern es wird nur die Flasche der Elektricitätsquelle so genähert, dass, je nachdem, auf den Knopf (bezw. auf die innere) oder die äussere Belegung Funken überspringen.

Die leitende Verbindung mit der Erde wird gewöhnlich dadurch hergestellt, dass man die Flasche bei der Annäherung an die Elektricitätsquelle an der äusseren Belegung, oder umgekehrt an der inneren Belegung, bezw. an dem Knopf mit der Hand anfasst (siehe die Erkl. 405—410).

Figur 91.



Frage 142. Worin besteht der Vorgang bei dem Laden einer elektrischen Verstärkungsflasche?

Erkl. 411. Man sagt, eine elektrische Verstärkungsflasche ist positiv oder negativ geladen, je nachdem die mit der inneren Belegung in Verbindung stehende Elektricitätsquelle positive oder negative Elektricität liefert.

Erkl. 412. Je dünner das Glas bei einer Verstärkungsflasche ist, um so näher befinden sich die beiden entgegengesetzten Elektricitäten, um so stärker binden sie sich, um so stärker kann folglich eine Verstärkungsflasche geladen werden und um so eher kann aber auch eine solche Flasche durch die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten durchbohrt und zertrümmert werden. Wie *Faraday* nachwies, hängt auch die Stärke der Ladung einer elektrischen Flasche von der Beschaffenheit des Glases, bezw. des Isolators ab (siehe die Erkl. 413).

Antwort. Der Vorgang, welcher bei dem Laden einer elektrischen Verstärkungsflasche stattfindet, ist folgender:

Ist der Knopf einer Verstärkungsflasche mit einer Elektricitätsquelle, z. B. mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, und die äussere Belegung mit dem Erdboden leitend verbunden, so teilt sich die $+E$ des Konduktors der inneren Belegung mit. Diese $+E$ der inneren Belegung wirkt durch die Glaswandung hindurch verteilend auf die äussere Belegung der Flasche, bindet die hierdurch hervorgerufene Influenzelektricität der 1ten Art, welche $-E$ ist, und stösst die Influenzelektricität der 2ten Art, welche $+E$ ist, ab. Letztere verbreitet sich, da die äussere Be-

legung der Flasche mit der Erde in leitender Verbindung steht, über den Erdboden.

Die $+E$ der inneren Belegung, welche die $-E$ der äusseren Belegung bindet, wird also auch umgekehrt von dieser gebunden und festgehalten und kann sich somit von der inneren Belegung nicht entfernen. Durch das Vorhandensein der entgegengesetzten Elektricitäten auf beiden Belegungen wird hiernach deren Dichtigkeit eine grössere, die einzelnen Teilchen werden dichter aneinandergedrängt, was zur Folge hat, dass die beiden Belegungen mehr Elektricität aufnehmen können, als wenn eine der Belegungen fehlte. Letzteren Falls würde die eine Belegung nur soviel Elektricität aufnehmen, bis die Spannung auf der betreff. Belegung gleich wäre mit der des Konduktors der Elektrisiermaschine, es würde also beim Weglassen einer der Belegungen keine Verstärkung mit der Flasche erzielt (siehe Antwort der Frage 130 und die Erkl. 411—414).

Erkl. 413. Das Glas, aus welchem eine Verstärkungsflasche hergestellt wird, muss frei von Sandkörner und frei von Blasen sein, da solche Flaschen bei vollständiger Ladung meistens sofort zerspringen. Dasselbe findet statt, wenn die Stanniolbelegungen nicht ganz glatt aufgeklebt sind, sondern Blasen zeigen.

Erkl. 414. Wird die äussere Belegung einer Verstärkungsflasche nicht mit der Erde, sondern mit dem Reibzeug einer Elektrisiermaschine leitend verbunden, so wird die bei dem Laden der Flasche hervorgerufene Influenzelektricität der 2ten Art, hier $+E$, auf das Reibzeug abgeleitet.

Frage 143. Wodurch ist die Grenze der elektrischen Ladung einer Verstärkungsflasche im allgemeinen bestimmt?

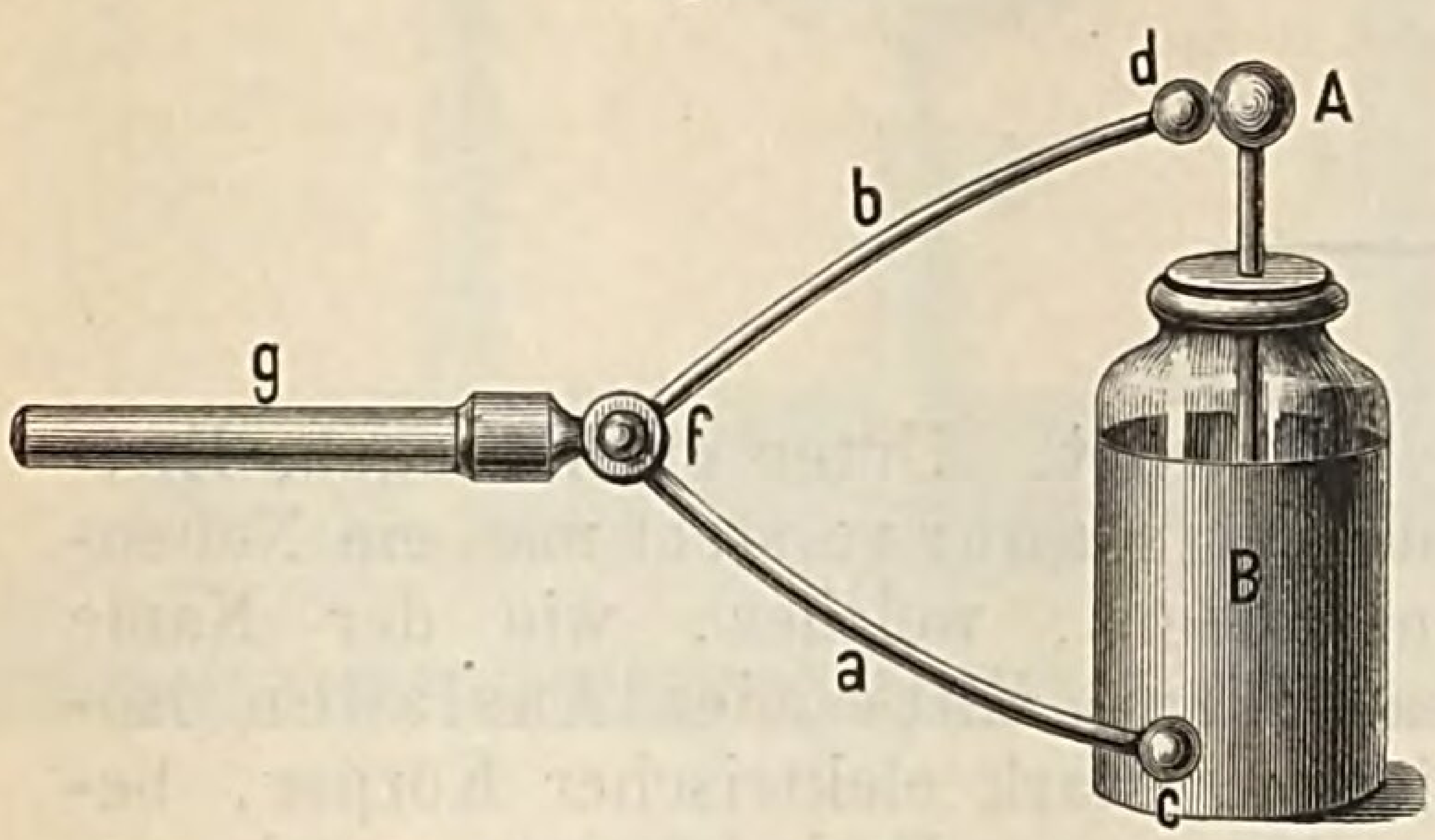
Antwort. Die Grenze der elektrischen Ladung einer Verstärkungsflasche ist im allgemeinen durch folgendes bestimmt:

Ist z. B. der inneren Belegung einer Verstärkungsflasche durch den Konduktor einer Elektrisiermaschine $+E$ mitgeteilt und nach dem in voriger Antwort beschriebenen Vorgang die auf der äusseren Belegung hervorgerufene Influenzelektricität der 2ten Art auf die Erde abgeleitet, so wird die auf der äusseren Belegung zurückbleibende Influenzelektricität der 1ten Art, welche $-E$ ist, nicht die ganze $+E$ der inneren Belegung binden können, da beide Elektricitäten durch die Wandung des Glasgefässes getrennt sind, es wird also ein kleiner Ueberschuss freier $+E$ auf der inneren Belegung bleiben. Hieraus ergibt sich, dass die Ladung einer Verstärkungsflasche jedenfalls nur so lange fortgesetzt werden kann, bis der Ueberschuss der freien Elektricität auf der

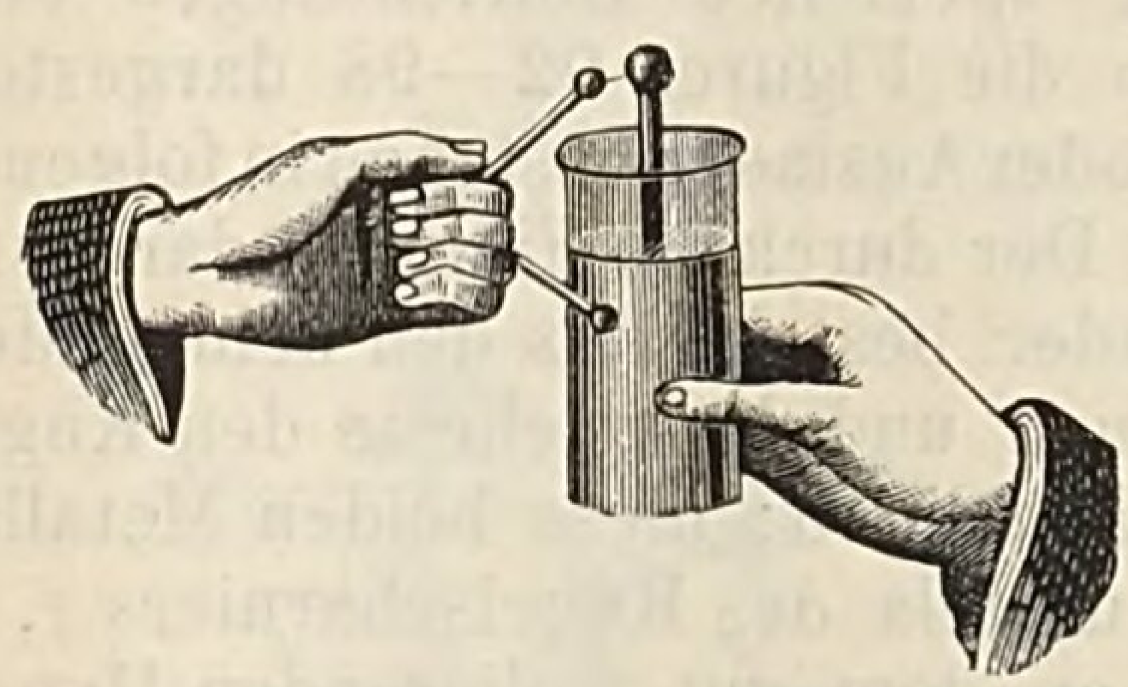
inneren Belegung gleiche elektrische Spannung mit der auf dem Konduktor befindlichen Elektricität hat, womit im allgemeinen die Grenze der Ladung einer Verstärkungsflasche bestimmt ist.

Frage 144. Auf welche Weise entladet man eine elektrische Verstärkungsflasche?

Figur 92.



Figur 93.



Erkl. 415. Ist eine Verstärkungsflasche sehr stark geladen oder ist die Flasche zu klein, so kann der Fall eintreten, dass sich die Flasche von selbst entladet, indem sich die entgegengesetzten Elektricitäten infolge ihrer grossen elektrischen Spannung durch die Luft über den unbelegten Rand der Flasche oder durch das Glas selbst vereinigen. In letzterem Fall wird an der Stelle, wo sich die Elektricitäten vereinigen, die Flasche durchbohrt oder es wird auch die ganze Flasche zertrümmert.

Erkl. 416. Bei der nebenstehend unter 1). erwähnten Entladung einer Verstärkungsflasche bekommt man einen kräftigen Schlag; ist die Flasche gross und stark geladen, so ist deshalb vorzuziehen, die Entladung mittels des erwähnten Ausladers vorzunehmen, indem hierbei der menschliche Körper unbeteiligt bleibt und die Entladung nicht durch denselben geht.

Antwort. Um eine elektrische Verstärkungsflasche zu entladen, muss man die auf den beiden Belegungen der Flasche angesammelten Elektricitäten in leitende Verbindung bringen. Dies kann man auf folgende Art bewerkstelligen:

1). Man benutzt den menschlichen Körper als leitende Verbindung, indem man die eine Hand an die äussere Belegung bringt und die andre Hand, bezw. einen Finger derselben an den Knopf bringt. Schon bei Annäherung der zweiten Hand findet die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten statt, was man durch einen heftigen elektrischen Schlag verspürt und durch einen gleichzeitig auftretenden elektrischen Funken wahrnimmt.

2). Man legt, siehe die Figuren 92 und 93, die eine Kugel eines sogen. Ent- oder Ausladers (siehe Antwort der Frage 145) an die äussere Belegung und bringt die andre Kugel an den Knopf; auch hier findet schon bei Annäherung der zweiten Kugel in einer gewissen Entfernung die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten statt, was man an einem von dem Knopf zur angenäherten Kugel überspringenden elektrischen Funken erkennt.

3). Man setzt die Verstärkungsflasche auf eine gut isolierende Unterlage und berührt abwechselnd mit einem Finger den Knopf und dann die äussere Belegung.

Auf die zuletzt angegebene Weise findet eine allmähliche gefahrlose Entladung der Verstärkungsflasche statt (siehe die Erkl. 415—419).

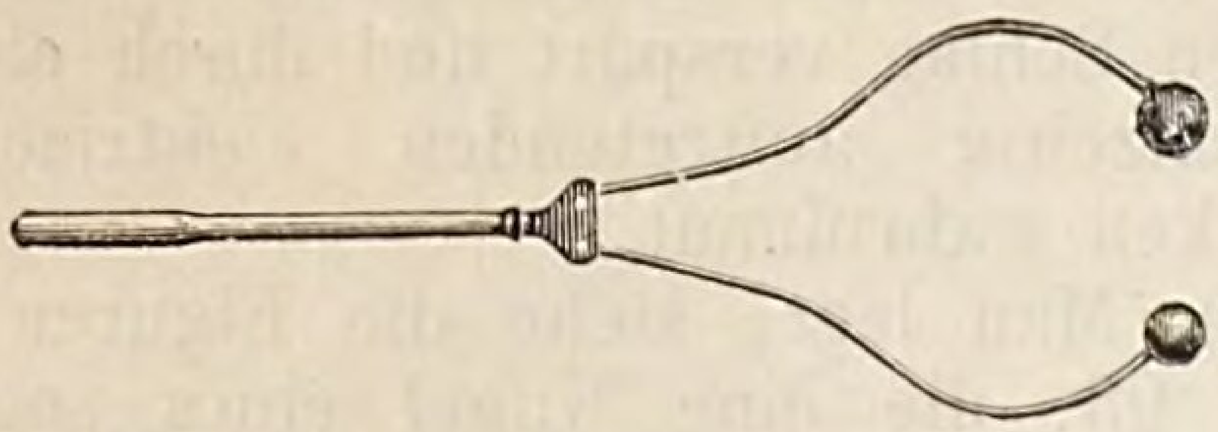
Erkl. 417. Fassen sich mehrere Personen an den Händen, so dass die äussersten Personen je eine Hand frei behalten und die eine derselben berührt mit der freien Hand die äussere Belegung und die andre nähert ihre freie Hand dem Knopf einer Verstärkungsflasche, so bekommen sämtliche Personen einen gleich starken Schlag.

Erkl. 418. Bei der nebenstehend unter 3). erwähnten allmählichen Entladung einer Verstärkungsflasche durch abwechselndes Berühren der inneren und äusseren Belegung empfindet man nur kaum bemerkbare Stiche.

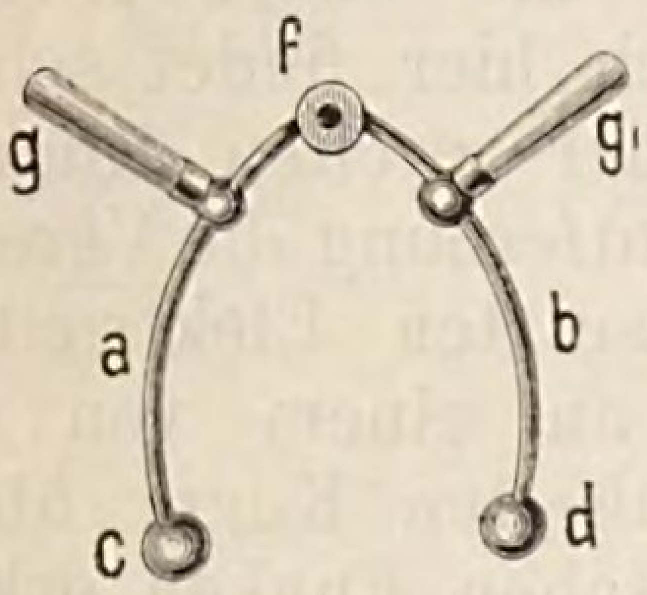
Erkl. 419. Lagert sich auf einer geladenen elektrischen Flasche Feuchtigkeit und Staub ab, so wird hierdurch die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten befördert.

Frage 145. Was versteht man unter einem sogen. Ent- oder Auslader und worin besteht dessen Einrichtung?

Figur 94.



Figur 95.



Figur 96.



Antwort. Unter einem sogen. Ent- oder Auslader versteht man ein Nebeninstrument, welches, wie der Name sagt, zum Ent- oder Ausladen isolierter, stark elektrischer Körper, besonders zum Entladen von stark geladenen Verstärkungsapparaten dient.

Die speziellen Einrichtungen einiger durch die Figuren 92—98 dargestellten Ent-oder Auslader bestehen in folgendem:

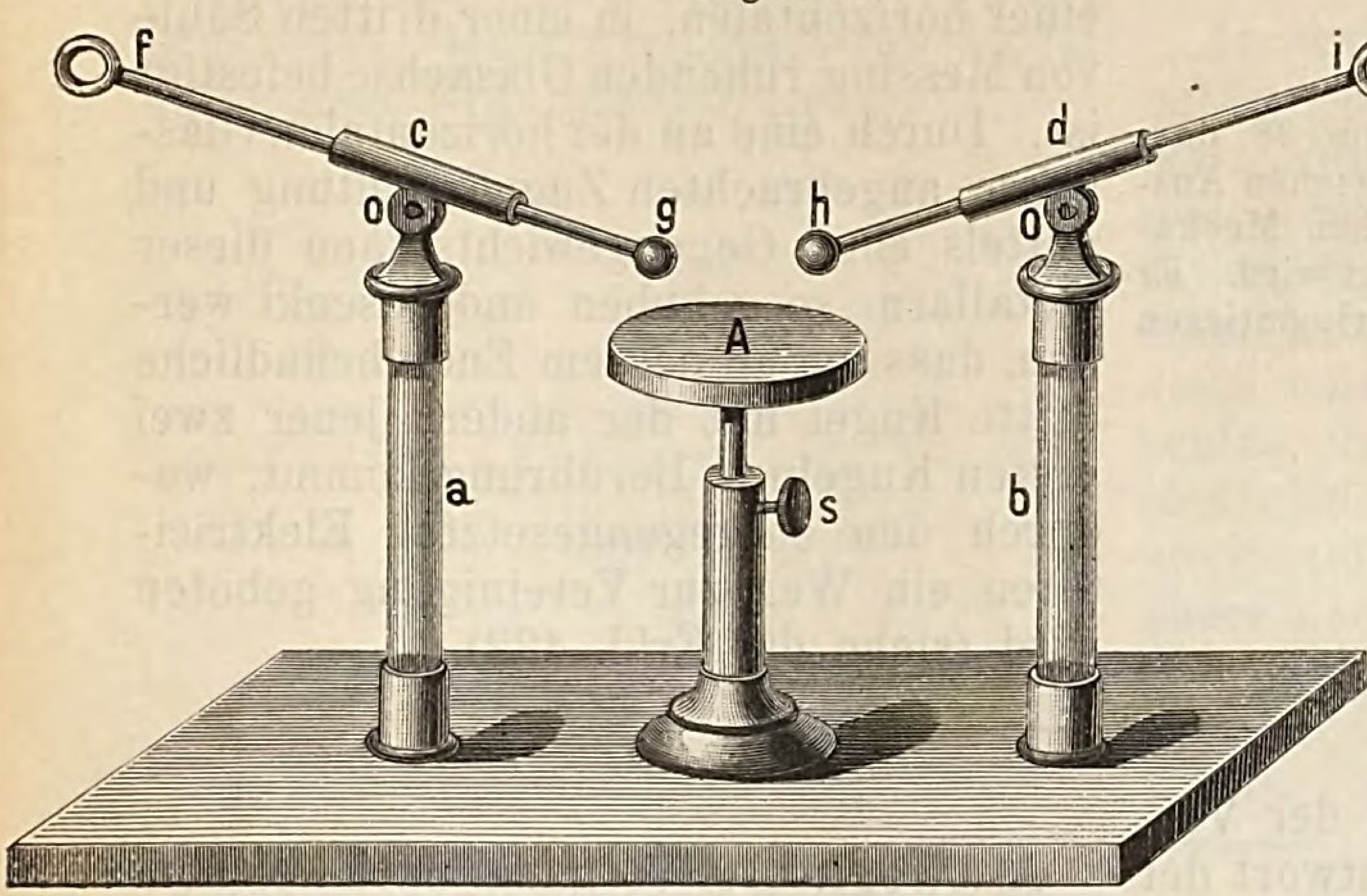
1). Der durch die Figur 92 dargestellte Entlader besteht aus den beiden Metallärmen *a* und *b*, welche in den Kugeln *c* und *d* endigen; diese beiden Metallärme sind mittels des Kugelscharniers *f*, welches an dem gut isolierenden Handgriff *g* befestigt ist, verbunden.

2). Die Einrichtung des durch die Figur 94 dargestellten Entladers ist dieselbe wie die des soeben beschriebenen, nur haben die Metallärme eine andre Form; ausserdem enthält derselbe zwei Scharniere, in welchen sich die beiden Metallärme bewegen können.

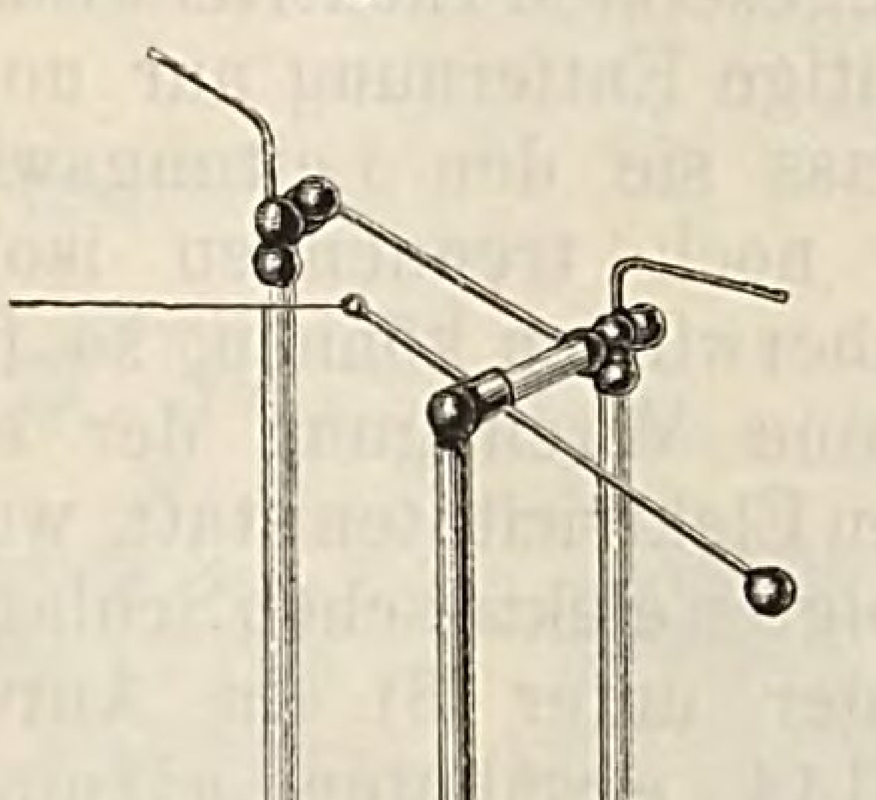
3). Die Einrichtung des durch die Figur 95 dargestellten Entladers ist analog der Einrichtung der soeben erwähnten beiden Entladern, nur enthält derselbe statt eines isolierenden Handgriffs die zwei an den Metallärmen *a* und *b* befestigten isolierenden Handgriffe *g* und g_1.

4). Der durch die Figur 97 dargestellte Auslader, der allgemeine, oder nach seinem Erfinder der Henleysche

Figur 97.



Figur 98.



Auslader genannt, besteht aus den Glassäulen a und b, welche die beiden, auf Kugelscharnieren befestigten und nach allen Richtungen hin beweglichen messingenen Hülsen c und d tragen. In den Messinghülsen c und d stecken die verschiebbaren Messingstäbchen fg und hi, welche einerseits in die Kugeln g und h, anderseits in den Ringen f und i endigen. Die Kugeln g und h können infolge der beschriebenen Einrichtung in beliebige Lagen und in beliebige Entfernungen zu einander gebracht werden. Ferner ist zwischen den isolierenden Glassäulen a und b das Tischchen A angebracht, das mittels der Stellschraube s höher und niedriger gestellt werden kann.

Der Henleysche allgemeine Auslader dient besonders dazu, die Wirkungen der Vereinigung entgegengesetzter Elektricitäten auf einen zwischen denselben eingeschalteten Körper, wozu das Tischchen A dient, zu untersuchen.

Bei dem Gebrauche dieses vielen Zwecken dienenden Entladers wird auf das Tischchen A der Körper gelegt, durch welchen sich die entgegengesetzten Elektricitäten vereinigen sollen; der eine der Ringe f und i wird leitend mit der äusseren Belegung einer Verstärkungsflasche verbunden, der andre wird mittels einer Kette mit dem einen Knopf eines andern Ausladers, wie vorhin beschrieben, verbunden. Dann wird der andre Knopf des letzten Ausladers dem Knopf, bezw. der inneren Belegung jener Verstärkungsflasche genähert, bei welcher Annäherung die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten zwischen den Kugeln g und h des Henleyschen Ausladers erfolgt.

5). Der von *Riess* konstruierte Auslader besteht aus zwei isolierenden Glassäulen, die oben Metallkugeln mit angelöteten Zapfen tragen. Diese Zapfen werden bei dem Gebrauch in leitende

Erkl. 420. Mancherlei Experimente, welche mittels des Henleyschen oder allgemeinen Ausladers ausgeführt werden können, sind in einem späteren Abschnitt enthalten.

Verbindung mit den entgegengesetzten Elektricitäten gebracht, ähnlich wie unter 4). erwähnt. Eine dritte Kugel ist an einem metallischen Arm befestigt, der wie die Figur 98 zeigt, mit der einen jener Kugeln in Berührung steht und auf einer horizontalen, in einer dritten Säule von Messing ruhenden Glasachse befestigt ist. Durch eine an der horizontalen Glasachse angebrachten Zugvorrichtung und mittels eines Gegengewichts kann dieser Metallarm so gehoben und gesenkt werden, dass die an dessem Ende befindliche dritte Kugel mit der andern jener zwei ersten Kugeln in Berührung kommt, wodurch den entgegengesetzten Elektricitäten ein Weg zur Vereinigung geboten wird (siehe die Erkl. 422).

Erkl. 421. Die durch die Figuren 93 und 96 dargestellten Auslader sind solche von sehr einfacher Konstruktion.

Erkl. 422. Der durch die Figur 98 dargestellte Auslader ist ein dem Riessschen Auslader nachgebildeter, wie er von dem Meckaniker *Wesselhöft* in Halle angefertigt wird. Er eignet sich besonders beim Experimentieren im Dunkeln.

Frage 146. Worin besteht der Vorgang, nach welchem die in Antwort der Frage 144 erwähnte Entladung einer Verstärkungsflasche stattfindet?

Antwort. Der Vorgang, nach welchem die in Antwort der Frage 144 erwähnte Entladung stattfindet, ist folgender:

Während der Herstellung der gut leitenden Verbindung der äusseren Belegung mit der inneren nähern sich die entgegengesetzten Elektricitäten; ist ihre gegenseitige Entfernung nur noch so gering, dass sie den Leitungswiderstand des sie noch trennenden isolierenden Wegs überwinden können, so findet die gewaltsame Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten statt, was man an dem erfolgten elektrischen Schlag erkennt.

Bei der unter 3). in Antwort der Frage 144 erwähnten allmählichen Entladung ist der Vorgang folgender:

Infolge der leitenden Verbindung der inneren Belegung mit der Erde wird der Ueberschuss der freien $+E$ (siehe Antwort der Frage 143), welcher sich auf derselben befindet, abgeleitet. Die auf der inneren Belegung übrige $+E$ bindet eine etwas kleinere Menge der auf der äusseren Belegung befindlichen $-E$, was zur Folge hat, dass nunmehr auf der äusseren Belegung ein Ueberschuss von $-E$ ist, welcher durch die Berührung mit der Hand abgeleitet wird. Die übrigbleibende $-E$ der äusseren Belegung bindet nunmehr wiederum eine

etwas kleinere Menge der $+E$ auf der inneren Belegung u. s. f., wonach man sich die allmähliche Entladung durch abwechselnde Berührung erklären kann.

Frage 147. Was versteht man unter dem sogen. elektrischen Residuum oder unter dem Flaschenrückstand?

Antwort. Ist eine Verstärkungsflasche mittels eines Ausladers entladen und man lässt diese Flasche eine Zeit lang stehen und nimmt alsdann nochmals die Operation des Entladens vor, so erhält man einen zweiten, auch noch einen dritten, stets schwächer werdenden Entladungsschlag. In der Verstärkungsflasche hatte sich also nach der ersten Entladung eine zweite (oft auch noch eine dritte) schwächere Ladung angesammelt, welche von *Kohlrausch* das elektrische Residuum oder der Flaschenrückstand genannt wurde.

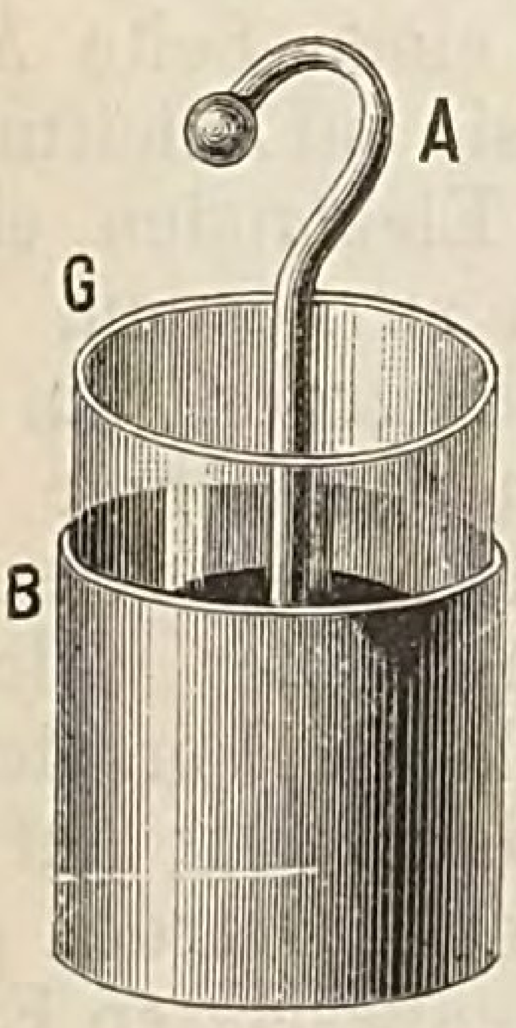
Frage 148. Auf welche Weise kann man sich das Vorhandensein des sogen. Flaschenrückstands erklären und auf welche Weise kann man die gemachte Aussage experimentell bestätigen?

Antwort. Zur Erklärung des sogen. elektrischen Residuums oder Flaschenrückstands nimmt man an, dass die Elektricitäten sich nicht allein auf den Oberflächen der Belegungen, sondern auch teilweise auf der Oberfläche des beide Belegungen isolierenden Glases, welches als Isolator die Eigenschaft hat, die Elektricität nicht leicht abzugeben, ansammelt und dass diese Elektricität sich wieder allmählich auf den entladenen Belegungen, welche gute Leiter sind, ansammelt.

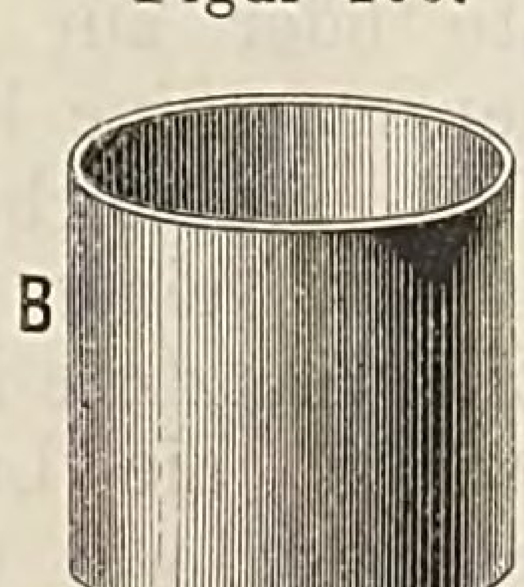
Diese Aussage kann man durch folgendes Experiment nachweisen:

Man nehme eine Flasche von der durch die Figur 99 dargestellten Form, welche aus den drei, durch die Figuren 100, 101 und 102 dargestellten getrennten Teilen besteht, und lade diese Flasche, dann nehme man die innere Belegung A heraus und entlade dieselbe vollständig; hierauf nehme man auch das Glasgefäss G aus der äusseren Belegung B und entlade auch diese äussere Belegung B vollständig. Nunmehr setze man wieder die Flasche, wie die Figur 99 zeigt, zusammen und untersuche, ob

Figur 99.



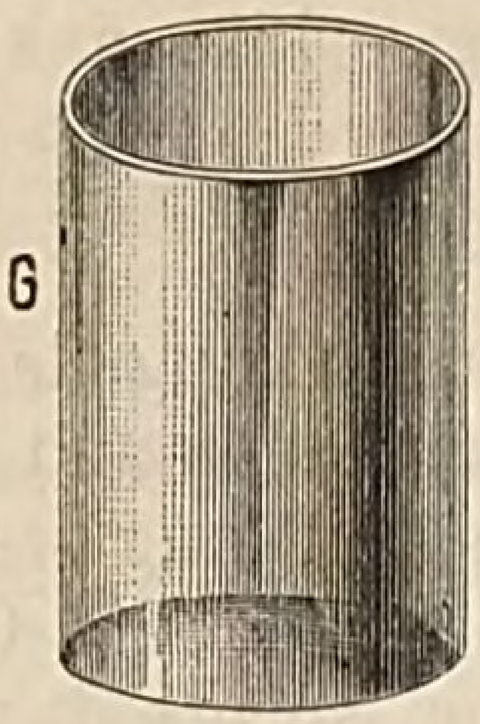
Figur 100.



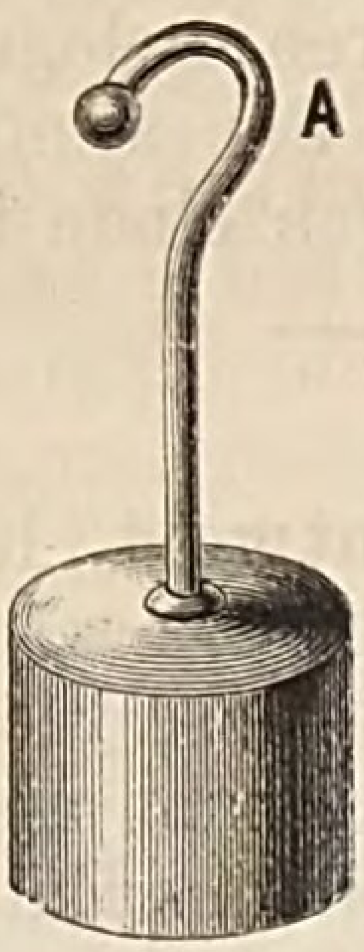
Erkl. 423. Auch mittels eines Kondensators, dessen Dielektrikum eine Glasplatte ist, kann man die in nebenstehender Antwort gemachte Aussage in analoger Weise beweisen, wie mittels der zerlegbaren Verstärkungsflasche in Figur 99.

diese nunmehr scheinbar vollständig entladene Verstärkungsflasche noch eine elektrische Ladung enthält und man wird finden, dass dies, wenn auch in schwächerem Masse als vorher, der Fall ist, was sich nur damit erklären lässt, dass das Glasgefäss *G* auf seiner inneren und äusseren Oberfläche noch einen Teil der entgegengesetzten, auf sie von den Belegungen übergegangenen Elektricität enthielt, die, nachdem die Belegungen entladen wurden, wieder auf dieselben zurückging, sich auf denselben ansammelte und dass nur deshalb die Flasche wieder eine Ladung zeigen konnte.

Figur 101.



Figur 102.

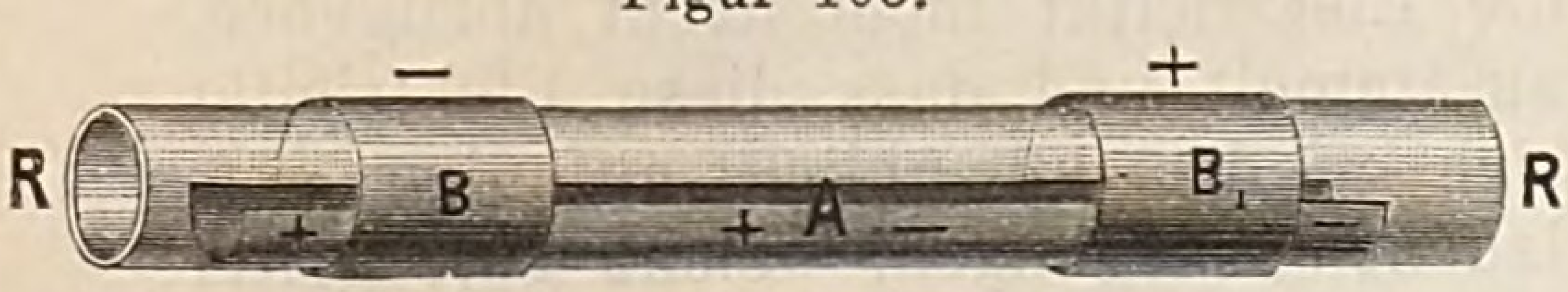


Erkl. 424. Nach nebenstehender Antwort kann man sich auch erklären, warum die Kondensatoren bei Beginn der Elektrisierung die grössten Elektricitätsverluste zeigen.

Frage 149. Worin besteht die Einrichtung einer sogen. Schlagröhre?

Antwort. Die Schlagröhre, siehe Figur 103, kann man sich aus zwei Verstärkungsflaschen zusammengesetzt denken, deren innere Belegungen leitend verbunden sind. Sie besteht nämlich aus einer Glasröhre *RR*, welche an beiden Enden offen ist, circa 2 cm Durchmesser hat, inwendig mit einem Stanniolstreifen *A* und aussen mit den Stanniolbelegungen *B* und B_1 versehen ist. Gewöhnlich sind noch die äusseren Belegungen *B* und B_1 mit Holzeinfassungen umgeben, die auf der einen Seite Ausschnitte enthalten, um sie auf Zuleitungsdrähte oder auf die Elektroden einer Influenzmaschine legen zu können.

Figur 103.



Wird eine solche Schlagröhre auf die Elektroden einer Influenzmaschine gesetzt und letztere in Thätigkeit versetzt, so erfolgt die Ladung einer solchen Schlagröhre wie durch die Vorzeichen in der Figur 103 angedeutet ist; auf der inneren Stanniolbelegung *A* werden sich fortwährend die entgegengesetzten Elektricitäten vereinigen und es werden fortgesetzt Schlagentladungen stattfinden, die man in ähnlicher Weise nur noch stärker erhält, wenn man die Elektroden einer Influenzmaschine mit den äusseren Belegungen zweier getrennten Verstärkungsflaschen in Verbindung und dann die inneren Belegungen beider Flaschen in Annäherung bringt.

Frage 150. Worin besteht die Einrichtung einer Franklinschen Tafel oder einer sogen. Ladungsplatte?

Antwort. Die Einrichtung einer Franklinschen Tafel besteht in folgendem:

Eine meist viereckige Tafel von Fensterglas, siehe die Figuren 104 und 105, ist so beiderseits mit Stanniol oder Silberpapier belegt, dass auf beiden Seiten der Scheibe ein Rand ringsum von circa 4—8 cm frei bleibt. Dieser nicht belegte Rand der Glastafel ist gut mit Schellackfirnis überzogen. Die Scheibe selbst ist auf einem isolierenden Stativ befestigt, damit sie vertikal aufgestellt werden kann. Zum bequemen Laden der Franklinschen Tafel ist meistens auf jeder Seite der Glastafel an dem Stanniol ein bis über den Rand der Tafel gehender Draht so angebracht, dass diese beiden Drähte den grösstmöglichen Abstand von einander haben.

Erkl. 425. Die von *Franklin* erfundene und nach ihm benannte Franklinsche Tafel gab den Anlass, der Verstärkungsflasche eine solche Form zu geben, wie sie in Antw. der Frage 140 beschrieben wurde.

Erkl. 426. Besondere Arten der Franklinschen Tafel sind die später vorgeführte Blitztafel, die Verstärkungsflasche, Stöhrers Kondensator u. a. m.

Frage 151. Auf welche Weise wird eine Franklinsche Tafel geladen?

Antwort. Will man eine Franklinsche Tafel, d. h. deren beiden Belegungen mit entgegengesetzten Elektricitäten laden, so verfährt man analog wie bei dem Laden einer Verstärkungsflasche:

Man setzt die eine der Belegungen, z. B. die Belegung A, siehe Figur 105, mit der Elektricitätsquelle, z. B. mit dem positiven Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitende Verbindung; diese Belegung A wird infolgedessen durch Mitteilung $+$ elektrisch. Die $+E$ der Belegung A wirkt verteilend auf die in neutralem Zustand befindliche Elektricität der andern Belegung B, wird deshalb letztere ableitend berührt, bezw. mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, so wird die hervorgerufene Influenzelektricität der 2ten Art, welche $+E$ ist, von der Belegung B abgeleitet und die Influenzelektricität der 1ten Art, welche $-E$ ist, bleibt auf dieser Belegung B zurück, verbreitet sich über die ganze Fläche und bindet einen Teil der $+E$ auf der Belegung A. Hierdurch wird

es möglich, der Belegung A weitere $+E$ durch den Konduktor zuführen und beide Belegungen A und B mit entgegengesetzten Elektricitäten ziemlich kräftig laden zu können.

Frage 152. Auf welche Weise entladet man eine Franklinsche Tafel?

Antwort. Eine Franklinsche Tafel wird in analoger Weise wie eine Verstärkungsflasche entladen, und zwar entweder dadurch, dass man die auf den beiden Belegungen befindlichen entgegengesetzten Elektricitäten in leitende Verbindung mittels eines Ausladers bringt, oder dadurch, dass man die beiden Belegungen abwechselnd mit einem Finger berührt.

Im ersteren Fall findet eine sofortige, im zweiten Fall eine allmähliche Entladung statt.

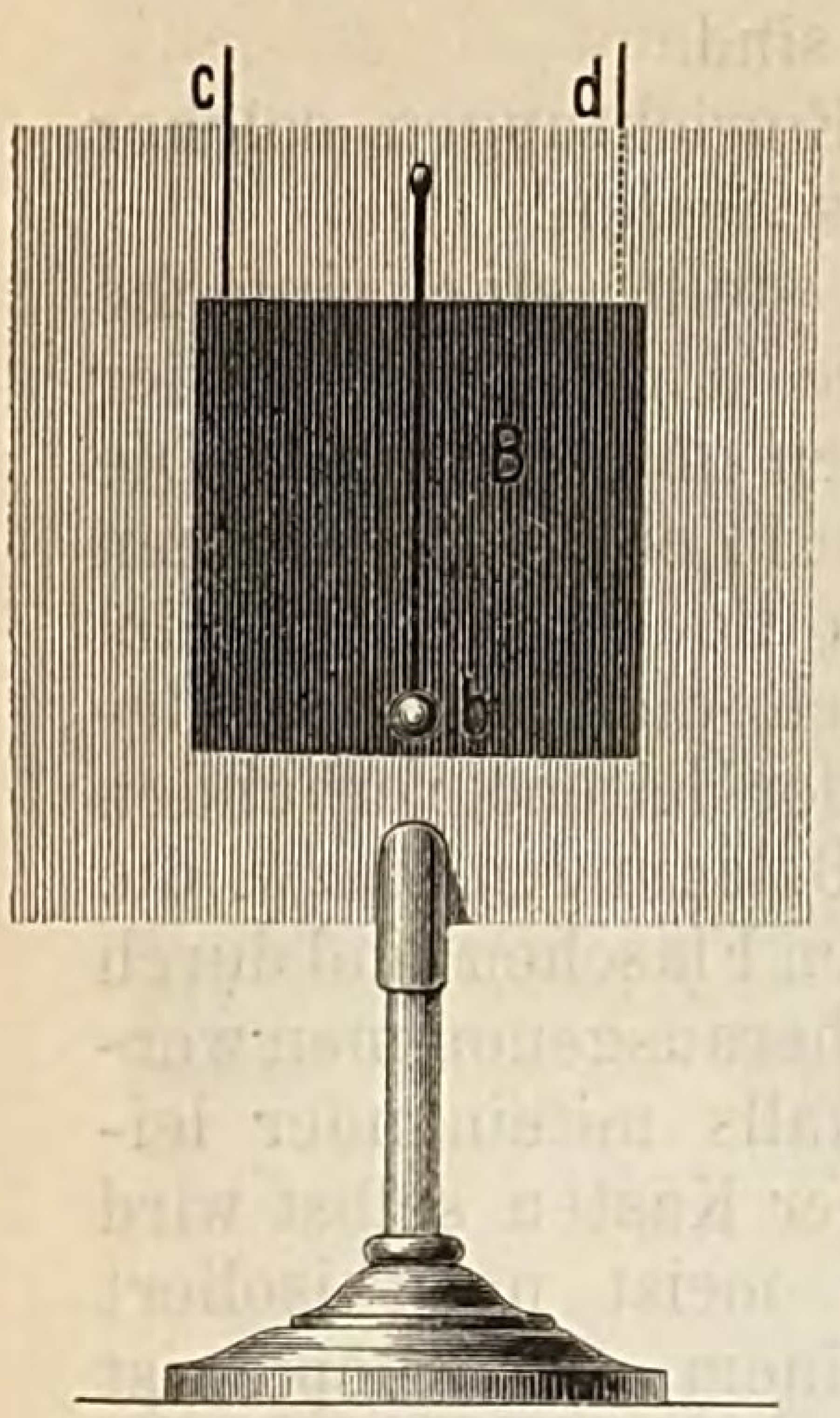
Frage 153. Auf welche Weise kann man mittels der Franklinschen Tafel nachweisen, dass sich die zwei durch einen noch so dünnen Isolator getrennten entgegengesetzten Elektricitäten nie vollständig binden und dass zur vollständigen Bindung der einen Elektricität immer ein Ueberschuss der andern Elektricität vorhanden sein muss?

Antwort. Die in der Frage enthaltene Behauptung kann man mittels der Franklinschen Tafel wie folgt experimentell beweisen:

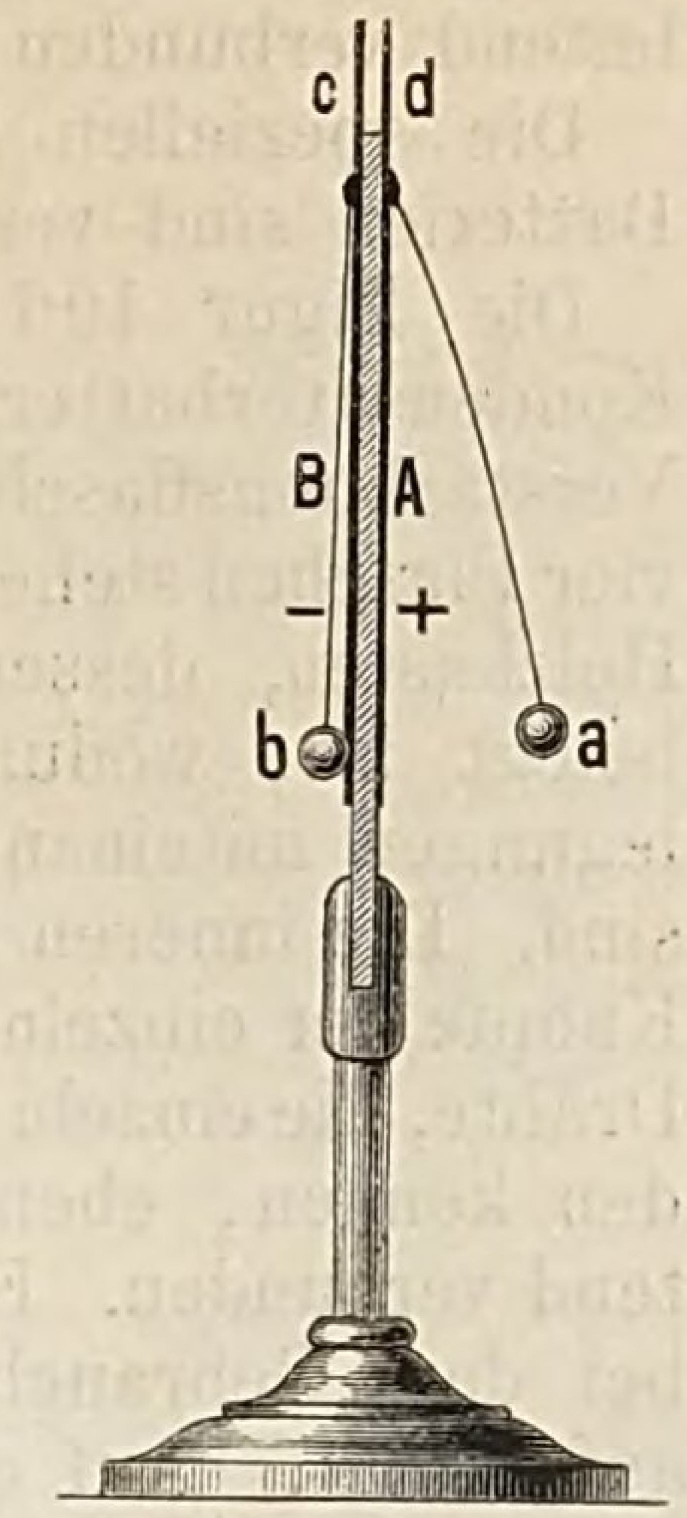
Auf jeder Seite der Franklinschen Tafel befestige man mittels Wachs ein elektrisches Pendel, wie die Figuren 104 und 105 zeigen. Das Pendel a, welches sich über der Belegung A befindet, die einen Ueberschuss freier $+E$ enthalten soll, wird abgestossen, das andre bleibt ruhig in seiner vertikalen Lage dicht an der Belegung B, was man sich wie folgt erklären kann: Die freie $+E$ auf der Belegung A macht nämlich das Pendel a durch Mitteilung gleichnamig elektrisch und stösst es ab; das Pendel b wird bei der Ladung der Tafel wie die Belegung B — elektrisch und würde von dieser ebenfalls abgestossen, wenn nicht die überschüssige freie $+E$ der Be-

Erkl. 427. Mittels des in nebenstehender Antwort erwähnten Experiments kann man den in Antwort der Frage 146 erwähnten Vorgang, nach welchem sich eine Verstärkungsflasche oder, was im Prinzip dasselbe ist, eine Franklinsche Tafel allmählich entladen lässt, experimentell bestätigen.

Figur 104.



Figur 105.



legung *A* das Pendelchen *b* mit stärkerer Kraft anzöge, indem es, wie das Experiment zeigt, dicht an der Belegung *B* gehalten wird.

Wird ferner die freie $+E$ auf der Belegung *A* abgeleitet, so findet die umgekehrte Erscheinung statt, das Pendel *a* über der Belegung *A* legt sich dicht an dieselbe an und das Pendel *b* über der Belegung *B* wird abgestossen, was man sich wiederum wie folgt erklären kann: Da kein Ueberschuss freier $+E$ auf der Belegung *A* vorhanden ist, welcher zur vollständigen Bindung der $-E$ auf der Belegung *B* erforderlich ist, so wird ein Teil der $-E$ auf der Belegung *B* frei und es muss sich dieselbe Erscheinung zeigen wie vorher, als noch die Belegung *A* einen Ueberschuss freier $+E$ enthielt, aber in umgekehrter Weise.

Frage 154. Was versteht man unter einer elektrischen Batterie?

Antwort. Unter einer elektrischen Batterie versteht man die Vereinigung mehrerer Ladungsflaschen (Verstärkungsflaschen) oder mehrerer Ladungsplatten (Franklinschen Tafeln) zu einem einzigen Verstärkungsapparat.

Frage 155. In welche zwei Hauptgruppen werden die elektrischen Batterien eingeteilt?

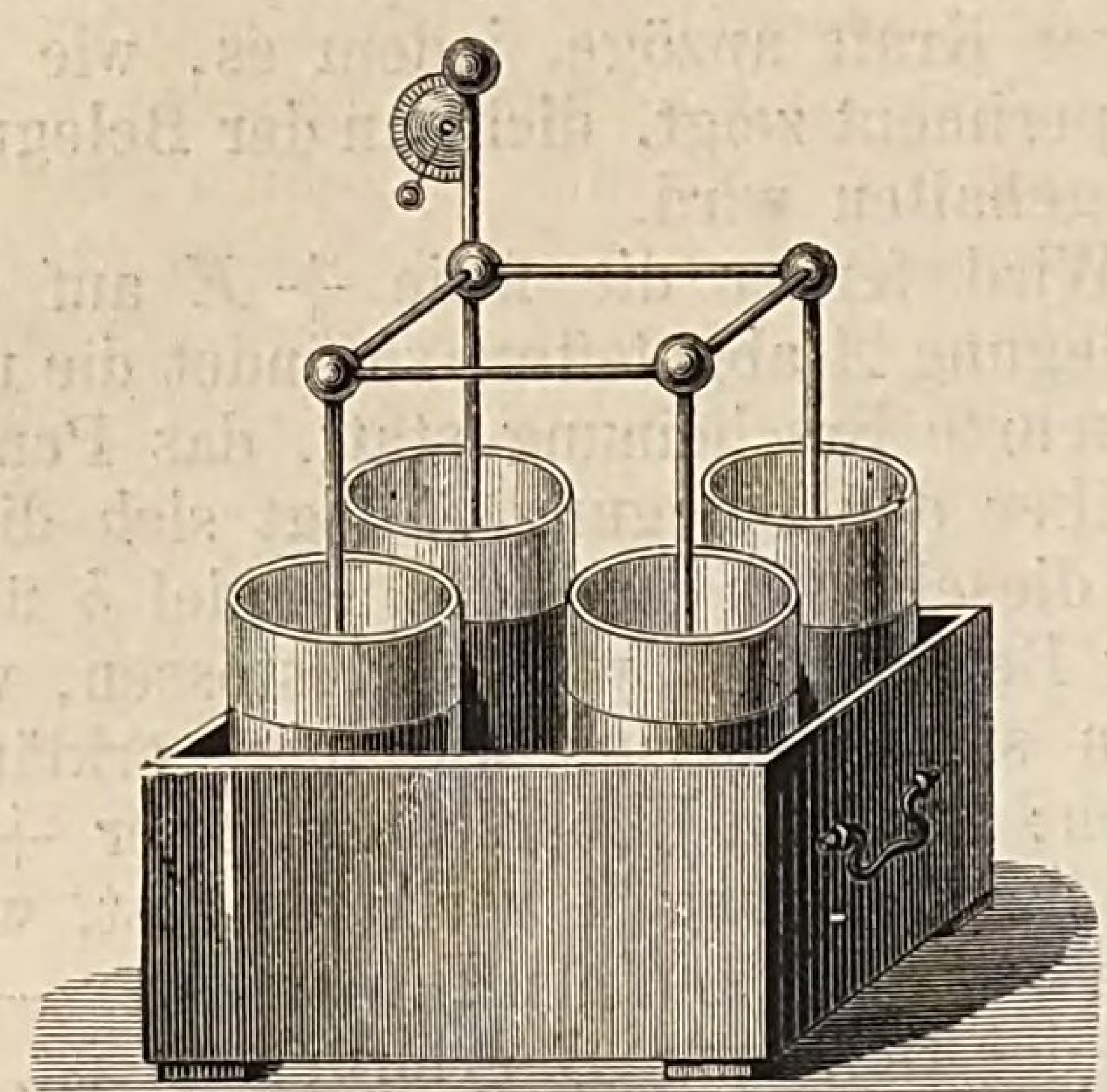
Antwort. Die elektrischen Batterien teilt man je nach der Art der Vereinigung der einzelnen Ladungsflaschen oder Ladungsplatten, aus welchen eine Batterie bestehen muss, ein:

1). in Kondensator- oder Quantitätsbatterien und
2). in Kaskaden- oder Spannungsbatterien.

Frage 156. Worin besteht die Einrichtung einer sogen. Kondensator- oder Quantitätsbatterie, wie wird eine solche Batterie geladen und entladen und welchen besonderen Zwecken dient eine solche Batterie?

Antwort. Die Einrichtung einer Kondensatorbatterie besteht im allgemeinen aus einer Anzahl von Verstärkungsflaschen, deren äussere Belegungen

Figur 106.

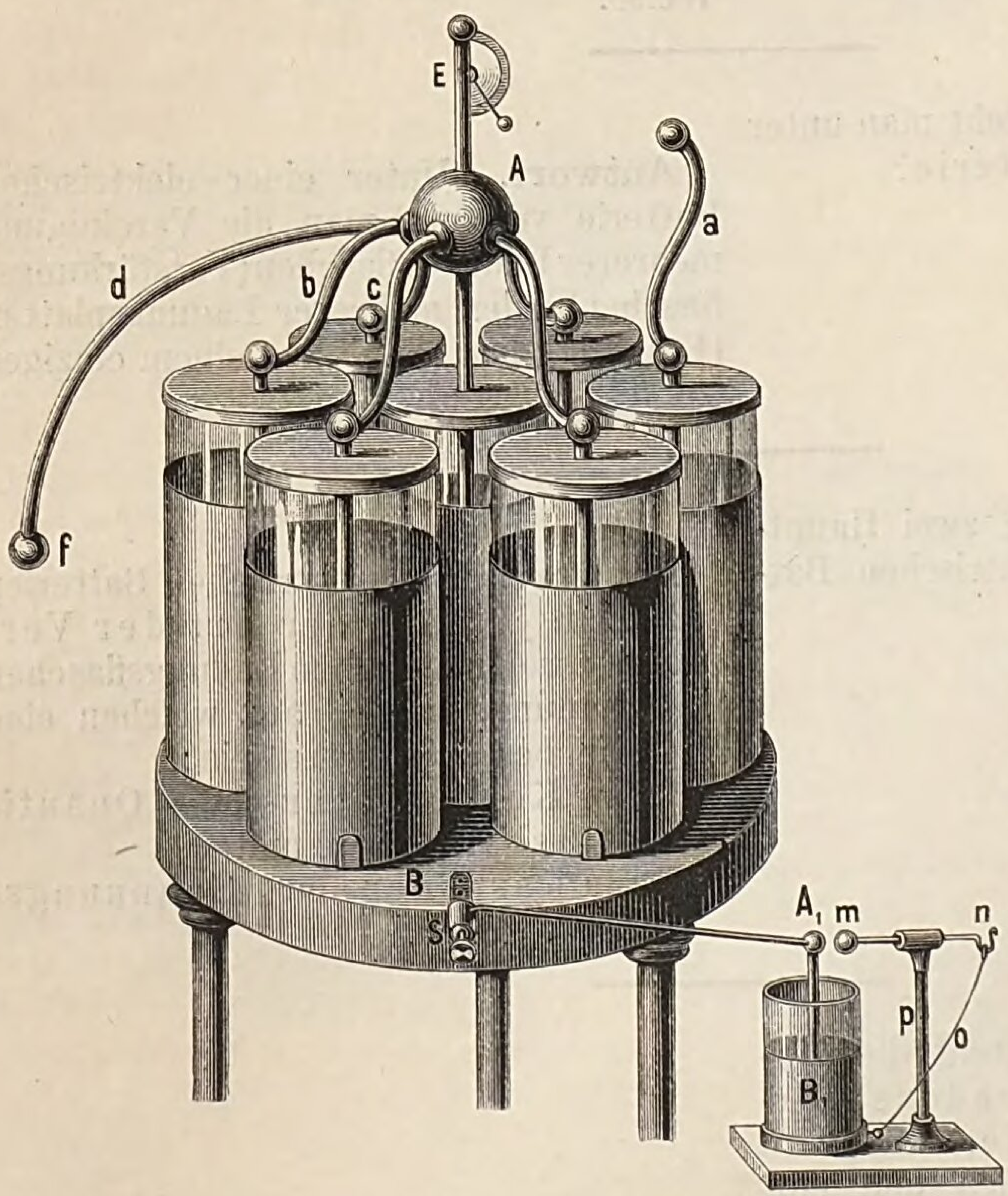


sämtlich unter sich und deren innere Belegungen ebenfalls sämtlich unter sich leitend verbunden sind.

Die speziellen Einrichtungen solcher Batterien sind verschieden:

Die Figur 106 stellt eine einfache Kondensatorbatterie dar, die von vier Verstärkungsflaschen gebildet wird. Die vier Flaschen stehen in einem viereckigen Holzkasten, dessen Boden mit Stanniol belegt ist, wodurch die äusseren Belegungen miteinander leitend verbunden sind. Die inneren Belegungen, bezw. die Knöpfe der einzelnen Flaschen sind durch Drähte, die einzeln herausgenommen werden können, ebenfalls miteinander leitend verbunden. Der Kasten selbst wird bei dem Gebrauch meist noch isoliert aufgestellt. Auf einem der Knöpfe ist noch ein Henleyscher Quadrantenelektrometer (siehe Erkl. 283) aufgesetzt, um die Stärke der Ladung der Batterie beurteilen zu können.

Figur 107.



Die Figur 107 stellt eine von *Riess* verbesserte Konstruktion einer Kondensatorbatterie dar. Diese Batterie besteht, wie die Figur 107 zeigt, aus sieben Flaschen, welche auf dem durch Glassäulen isolierten Tisch *B* stehen. Die Tischplatte ist mit Stanniol belegt, wodurch die leitende Verbindung zwischen den äusseren Belegungen der auf ihr stehenden Flaschen hergestellt ist. Die leitende Verbindung der inneren Belegungen wird dadurch hergestellt, dass die mittelste Flasche die grössere hohle Messingkugel *A* trägt, die seitlich sechs halbkugelförmige Vertiefungen enthält, welche zum teilweisen Aufnehmen der an den Metallarmen *a*, *b*, *c* etc. angebrachten Kugeln dienen. Die Kugel *A*

Erkl. 428. Die Konstruktion einer elektrischen Batterie, wie sie in nebenstehender Antwort beschrieben und durch die Figur 106 dargestellt ist, wird *Gralath* in Danzig zugeschrieben.

Erkl. 429. Da die Menge von Elektricität, welche sich unter sonst gleichen Umständen in einer Verstärkungsflasche ansammeln lässt, im allgemeinen von der Grösse abhängig ist, sehr grosse Flaschen aber, welche über 0,33 qm Stanniolbelegung enthalten, schwer so herzustellen sind, dass ihre Wandungen überall möglichst gleiche Dicke haben, so benutzt man zur Ansammlung von grösseren Elektricitätsmengen die nebenstehend beschriebene Batterie, welche aus beliebig vielen Flaschen zusammengesetzt werden kann.

Erkl. 430. Die innere Belegung einer jeden der sieben Flaschen, aus welchen die durch die Figur 107 dargestellte Riesssche Batterie besteht, hat eine Fläche von circa 25 qdm Inhalt.

Erkl. 431. In der Figur 107 ist der an der Klemmschraube *s* befestigte Draht nicht mit der Erde, sondern mit einer sogen. Massflasche in leitende Verbindung gebracht, was zu einem in einem späteren Abschnitt besprochenen Zweck dient.

Erkl. 432. Bei der Entladung einer elektrischen Batterie verfährt man in analoger Weise wie bei der Entladung einer einzelnen Leydener Flasche; hierbei ist sich jedoch ausschliesslich eines guten Entladers zu bedienen, indem die Entladungsschläge von so kräftiger Wirkung sein können, dass Holzplatten auf einmal durchbohrt, mit Wasser gefüllte Glasröhren zersprengt, dünner Eisendraht glühend und geschmolzen, Gold in Glas geschmolzen, kleine Tiere als Vögel etc. getötet werden können und bei Menschen Lähmungen, Blutspeien etc. eintreten kann.

enthält ferner oben noch ein Loch, in welches ein Quadrantenelektrometer gesteckt werden kann. Die Metallarme *a*, *b*, *c* . . . sind mittels Kugelscharnieren an den Knöpfen der einzelnen Flaschen befestigt und, wie der Arm *a* zeigt, verstellbar, so dass man in beliebiger Weise alle sieben Flaschen oder nur einige derselben zur Batterie verwenden kann. An der Kugel *A* ist ferner noch mittels eines Kugelscharniers der leicht verstellbare Metallbügel *d* angebracht, der in der Kugel *f* endigt und dazu dient, die Kugel *f*, bezw. die Kugel *A* oder die inneren Belegungen der Flaschen mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine oder einem andern Leiter in leitende Verbindung bringen zu können. An der Tischplatte *B* ist die Klemmschraube *s* angebracht, welche dazu dient, einen Draht befestigen zu können, der mit der Stanniolbelegung der Tischplatte *B*, bezw. mit den äusseren Belegungen der Flaschen in leitender Verbindung steht.

Das Laden und Entladen einer solchen Batterie erfolgt wie bei einer einzelnen Verstärkungsflasche; auch ist der hierbei stattfindende Vorgang derselbe. Der an der Klemmschraube *s* befestigte Draht wird mit der Erde in leitende Verbindung gebracht (siehe Erkl. 431); an dem Metallbügel *d* wird ein isolierender, seidener Faden befestigt und mittels desselben der Bügel *d* so dirigiert, dass die Kugel *f* auf den Konduktor einer Elektrisiermaschine zu liegen kommt. Ist die Batterie geladen, so wird die Kugel *f* auf dieselbe vorsichtige Weise von dem Konduktor entfernt. Die Entladung geschieht wie bei einer grossen Verstärkungsflasche mittels eines guten Ausladers (siehe Erkl. 432).

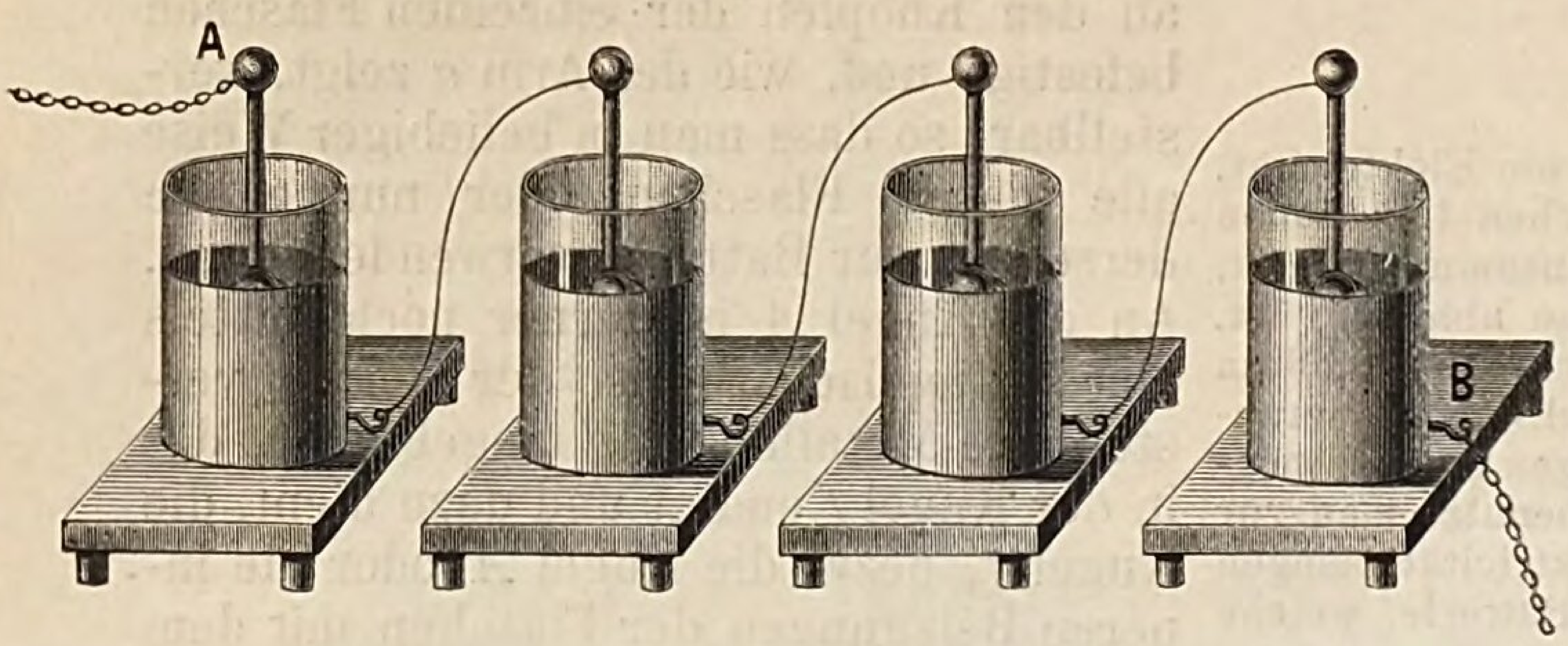
Die Kondensatorbatterie dient dazu, sehr grosse Elektricitätsmengen anzusammeln (s. Erkl. 429), daher auch der Name Kondensator-Quantitätsbatterie.

Frage 157. Worin besteht die Einrichtung einer sogen. Kaskadenbatterie, und worin besteht der Vorgang, nach welchem die Ladung einer solchen Batterie vor sich geht?

Antwort. Die Einrichtung einer Kaskadenbatterie ist folgende:

Die einzelnen Verstärkungsflaschen

Figur 108.



Erkl. 433. Die Kaskadenbatterie hatte zuerst *Franklin* konstruiert, indem er vier seiner Franklinschen Tafeln in ähnlicher Weise verband, wie nebenstehend angegeben wurde.

Eine Kaskadenbatterie, bestehend aus Ladungsplatten, nennt man nach ihrem Erfinder eine Franklinsche Säule.

Eine Kaskadenbatterie, bestehend aus Ladungsflaschen, wird auch oft Flaschensäule genannt.

Erkl. 434. Mittels der Ladungsplatten kann man auch, bei entsprechender Verbindung derselben nach voriger Antwort, eine Kondensatorbatterie herstellen.

sind isoliert von dem Erdboden und in gleichen Abständen von einander aufgestellt, wie die Figur 108 zeigt. Bei der Ladung einer solchen Batterie per Cascade (woher der Name Kaskadenbatterie) wird die innere Belegung, bezw. der Knopf *A* der ersten Flasche mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitende Verbindung gebracht; ferner wird die äussere Belegung der ersten Flasche mit der inneren Belegung der zweiten Flasche, die äussere Belegung der zweiten Flasche mit der inneren Belegung der dritten Flasche u. s. f. in leitende Verbindung gebracht. Die äussere Belegung *B* der letzten Flasche wird schliesslich mit dem Erdboden gut leitend verbunden und dann die Elektrisiermaschine in Thätigkeit gesetzt.

Der Vorgang, nach welchem sich hiernach die Ladung vollzieht, ist folgender:

Der inneren Belegung der ersten Flasche wird die Elektricität des Konduktors mitgeteilt, diese Elektricität wirkt influenzierend auf die äussere Belegung der ersten Flasche, bindet die erregte Influenzelektricität der 1ten Art und stösst die Influenzelektricität der 2ten Art ab, welche auf die innere Belegung der zweiten Flasche übergeht. Diese der inneren Belegung der zweiten Flasche mitgeteilte Elektricität wirkt auf die äussere Belegung der zweiten Flasche und auf die innere Belegung der dritten Flasche gerade wie die der inneren Belegung der ersten Flasche durch den Konduktor mitgeteilte Elektricität auf deren äussere Belegung und auf die innere Belegung der zweiten Flasche wirkte.

Die Ladung einer solchen Batterie erfolgt sofort, geht also viel rascher von statten als die Ladung einer Kondensatorbatterie, wie in voriger Antwort erwähnt. Die Ladung selbst enthält jedoch nicht die Menge von Elektricität, wie eine sonst gleiche Kondensatorbatterie,

indem jede folgende Flasche nur durch die verteilende Wirkung der von der äusseren Belegung der vorhergehenden Flasche abgestossenen Influenzelektricität der 2ten Art geladen wird (siehe die Erkl. 433 und 434).

16). Ueber die Apparate zur Erkennung und Messung der Elektricität.

(Elektroskope, Elektrometer und Massflasche.)

a). Ueber die Elektroskope.

Frage 158. Was versteht man unter einem Elektroskop?

Antwort. Unter einem Elektroskop versteht man einen Apparat, mittels welchem man das Vorhandensein von Elektricität nachweisen kann.

Frage 159. Worauf beruht die Einrichtung der Elektroskope?

Antwort. Die Einrichtung der Elektroskope beruht auf dem Gesetz, dass sich gleichnamig elektrische Körper abstossen, ungleichnamig elektrische Körper aber anziehen.

Frage 160. Welches sind die bekanntesten der seither gebräuchlichen Elektroskope?

Erkl. 435. Das einfache elektrische Pendel ist durch die Figur 3, die elektrische Nadel von *Gilbert* ist durch die Figur 4 und das elektrische Doppelpendel ist durch die Figur 5 dargestellt (siehe die Antw. der Frage 7 u. 32).

Erkl. 436. Die Figur 109 stellt einen von *Hagenbach* konstruierten und von Professor Dr. *Krebs* verbesserten Apparat dar, wie solcher von dem Mechanikus *Wesselhöft* in Halle angefertigt wird. Derselbe kann ausser zum Nachweis der entgegengesetzten Elektricitäten durch die Verbesserung von Professor Dr. *Krebs* auch zum Nachweis der elektrischen Verteilung (Influenz) dienen.

Der Apparat besteht aus dem isolierenden Stativ *a*, auf welchem eine Spitze angebracht ist, die zum balancieren des Verteilungsstabs *df* des Professor Dr. *Krebs*, des Ebonitstabs

Antwort. Die bekanntesten Elektroskope sind:

1). das einfache elektrische Pendel, auch elektroskopisches Pendel genannt;
2). die elektrische Nadel von *Gilbert;*
3). das elektrische Doppelpendel;
4). das elektrische Horizontalpendel von *Weinhold;*
5). das Franklinsche Elektroskop;
6). das Elektroskop von *Saussure;*
7). das Elektroskop von *Cavallo;*
8). das Strohhalmelektroskop von *Volta;*
9). das Bennetsche Goldblattelektroskop von *Weiss;*
10). das Bifilarelektroskop von *v. Beetz;*
11). das Bennetsche Kugelgoldblattelektroskop von *Riess;*

b und des halb aus Glas, halb aus Ebonit bestehenden Stabs *c* dient.

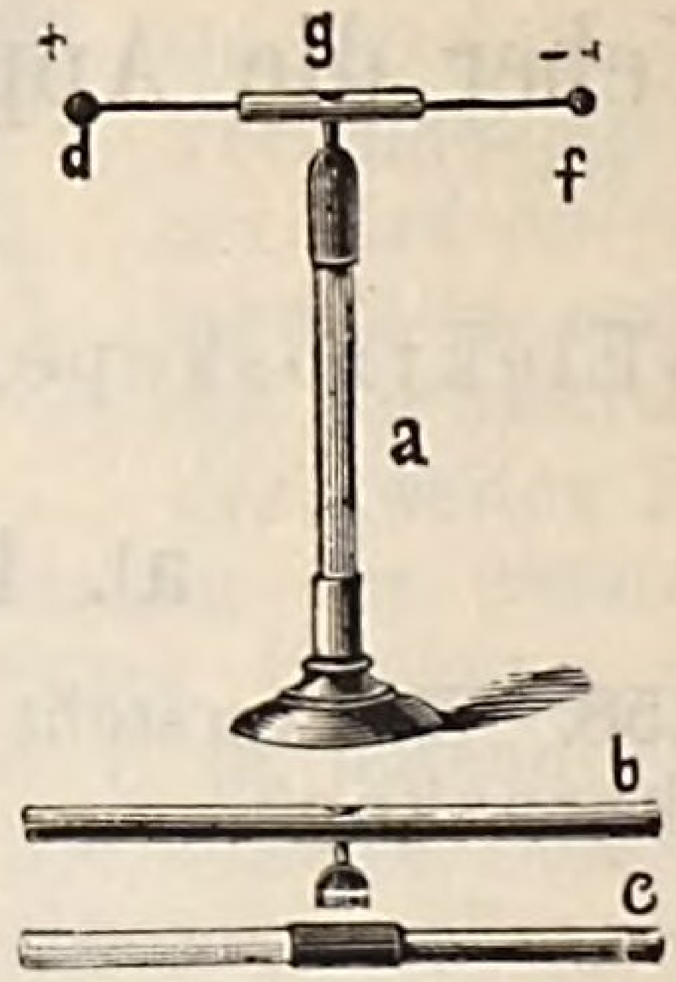
Nimmt man den Stab *df* weg und setzt auf die Spitze den an einem Ende mit Wolle oder Seide geriebenen Ebonitstab *b* und nähert diesem Ende das Glasende des Stabs *c*, welches mit amalgamiertem Leder gerieben wurde, so wird der balancierende Stab *b* angezogen, da beide Stabenden entgegengesetzt elektrisch sind. Nähert man hingegen jenem Ende des Stabs *b* das Ebonitende des Stabs *c*, welches mit Wolle oder Seide gerieben wurde, so wird der Stab *b* abgestossen, da beide Stabenden gleichnamig elektrisch sind.

Der Stab *df* besteht aus zwei in Kugeln endigenden Metallstücken, die in der Mitte durch ein isolierendes Stück verbunden sind. Verbindet man jene Metallstücke durch einen an einem isolierenden Handgriff befestigten Draht, z. B. durch einen Auslader, siehe Figur 92, und nähert z. B. dem Ende *f* einen mit $+E$ geladenen Konduktor, so werden die beiden Metallstücke, welche durch den Auslader in leitender Verbindung miteinander stehen, durch Influenz elektrisch. Entfernt man den Auslader, bezw. diese leitende Verbindung, so zeigt das Ende *f* Influenzelektricität der 1ten Art, und zwar für das angenommene Beispiel $-E$, das Ende *d* Influenzelektricität der 2ten Art und zwar $+E$, was man mittels des geriebenen Stabs *c*, analog wie vorhin erwähnt, nachweisen kann.

Erkl. 437. Zu den Elektroskopen gehören auch die in nachfolgendem Abschnitt beschriebenen Elektrometer.

12). das Säulenelektroskop von *Behrens* (*Bohnenberger*, *Fechner* und *Riess*). (Siehe auch die Erkl. 435 und 437.)

Figur 109.



Frage 161. Worin besteht die Einrichtung des elektrischen Horizontalpendels von *Weinhold*?

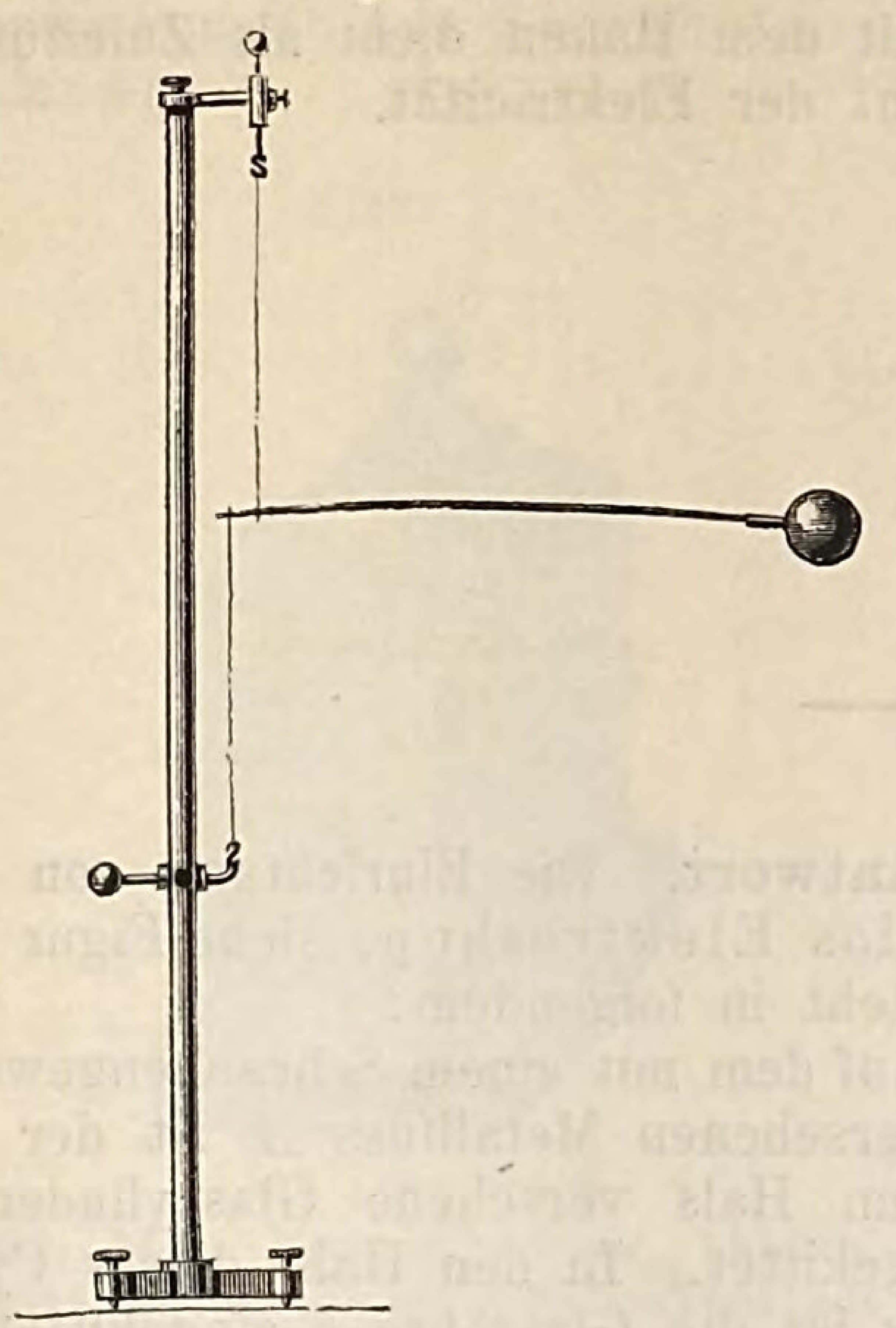
Erkl. 438. Das durch die Figur 110 dargestellte elektrische Horizontalpendel wird in dieser Form von Mechanikus *M. Wesselhöft* in Halle angefertigt. Es soll weit empfindlicher als jedes andre elektrische Pendel sein.

Wesselhöft bringt statt der etwas umständlich herzustellenden Leimkugel eine hohle Glaskugel mit sehr dünner Wandung zur Anwendung und macht die Oberfläche derselben dadurch leitend, dass er sie mit Goldbronze überzieht.

Antwort. Die Einrichtung des elektrischen Horizontalpendels von *Weinhold*, siehe Figur 110, besteht in folgendem:

Auf einem mittels Stellschrauben verstellbaren Dreifuss ist eine vertikal stehende Metallröhre angebracht. Diese vertikale Röhre trägt zwei horizontale Stäbchen; das untere derselben geht durch die Säule, trägt an dem einen Ende zur Befestigung eines Seidefadens ein Häkchen, kann hin- und hergeschoben und mittels einer Schraube festgestellt werden; das obere jener horizontalen Stäbchen trägt in einer vertikal angebrachten Hülse ein in vertikaler Richtung verschiebbares Stäbchen, das ebenfalls am unteren Ende ein Häkchen hat und mittels einer Schraube festgestellt werden kann. An den soeben erwähnten beiden Häkchen sind Seidefäden be-

Figur 110.



festigt, die, wie die Figur 110 zeigt, ein circa 40 cm langes und circa 1,5 mm dickes Glasröhrchen tragen. Die Entfernung der Befestigungspunkte der Seidefäden an dem Glasröhrchen beträgt circa 15 mm. Das Glasröhrchen trägt am äussersten Ende ein kurzes Schellackstäbchen, an welchem eine äusserst leichte Hohlkugel befestigt ist, die aus Leim besteht und mittels eines Ueberzugs aus Graphit oder Bronze leitend gemacht ist. Die Stellung der Fäden kann so reguliert werden, dass je nach Bedarf die Empfindlichkeit dieses Elektroskops sich vergrössert oder verringert, und dass auch beim Nichtgebrauch des Instruments das horizontalstehende Glasröhrchen mit der Hohlkugel eine vertikale Lage einnimmt (siehe Dr. Weinholds Physik 1881, pag. 498).

Frage 162. Worin besteht die Einrichtung von Franklins Elektroskop?

Erkl. 439. Das einfache Franklinsche Elektroskop erfuhr durch *Canton* insofern eine Verbesserung, als derselbe an die leinenen Fäden Korkkügelchen anbrachte, um die Fäden straffer zu spannen.

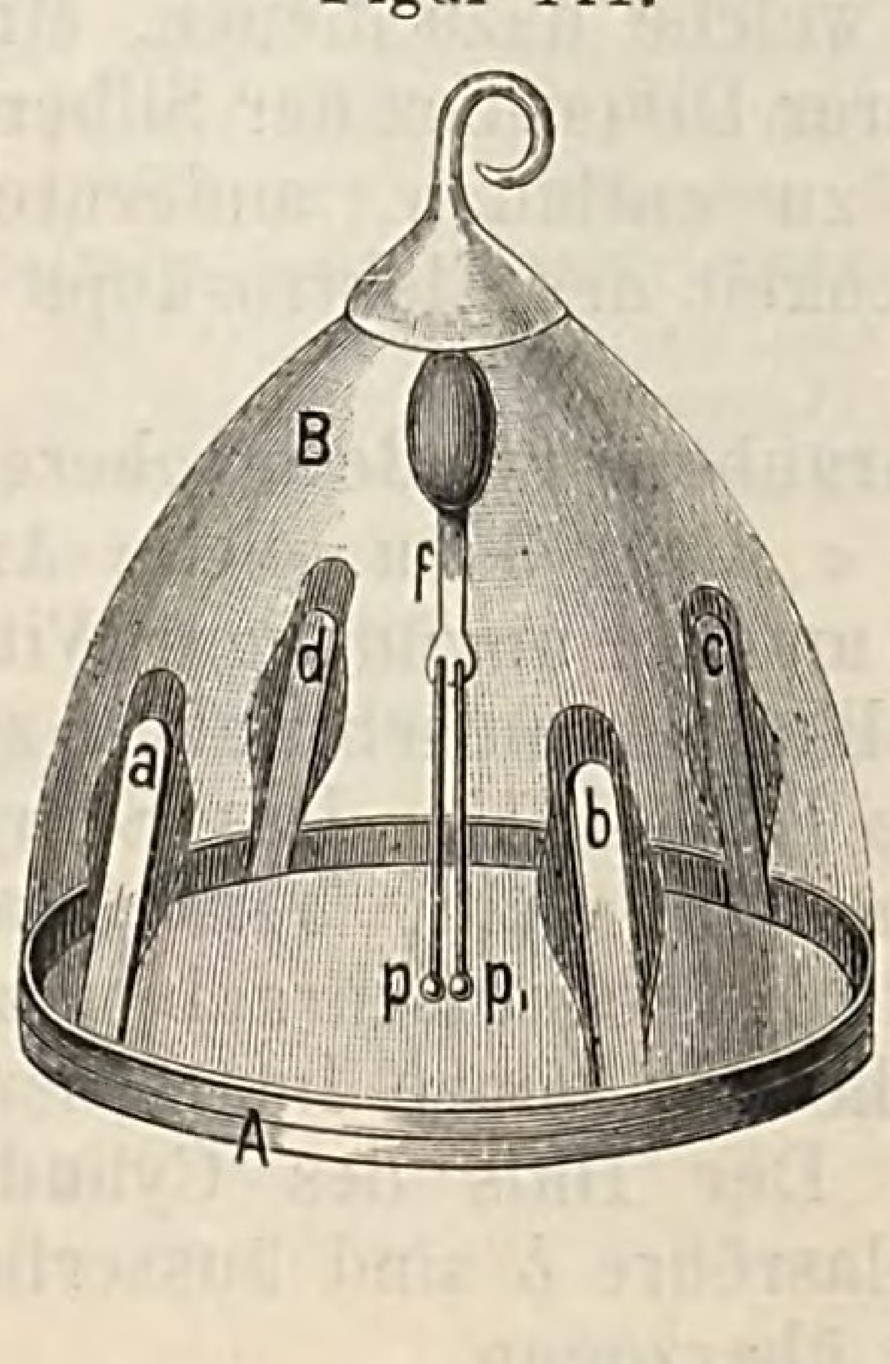
Antwort. Das Franklinsche Elektroskop besteht aus zwei einfachen leinenen Fäden, die an dem elektrisierten Körper selbst befestigt werden (siehe die Erkl. 439).

Frage 163. Worin besteht die Einrichtung von Saussures Elektroskop?

Antwort. Die Einrichtung von Saussures Elektroskop, siehe Figur 111, besteht in folgendem:

Auf dem Metallfuss A ist die kegelförmig zulaufende Glasglocke B befestigt. Auf der Innenseite der Glocke B sind die vier diametral und rechtwinklig gegenüberstehenden Stanniolstreifen a, b, c und d aufgeklebt. Durch die Spitze der Glocke B geht der eingekittete Metallstift f, der ausserhalb in einem Haken endigt, innerhalb mit zwei Löchern versehen ist, an welchen zwei Silberdrähte mit den Korkkügelchen p und p_1 so befestigt sind, dass sie sich frei bewegen können. Die Länge der Silberdrähte ist so gewählt, dass eine Berührung der Korkkügelchen mit der Glasglocke bei der grössten Divergenz nicht stattfinden

Figur 111.



kann (siehe die Erkl. 440). Der Draht *f* mit dem Haken dient als Zuleitungsdraht der Elektricität.

Erkl. 440. *Saussure* war der erste, der an den Elektroskopen Silberdrähte anbrachte; er benutzte auch das in nebenstehender Antwort beschriebene Elektroskop zur Messung von Elektricitätsmengen. Zu diesem Zweck stellte er durch Versuche mittels zweier ziemlich gleichen Instrumente, an welchen auf der oberen Fassung des Metallfusses *A* Einteilungen angebracht waren, um die Divergenz der Pendel beobachten zu können, Tabellen auf, in welchen die Divergenzen enthalten sind, welche das eine Elektroskop zeigt, wenn es durch Mitteilung mit verschiedenen Teilen der Elektricitätsmenge des andern geladen wird.

Frage 164. Worin besteht die Einrichtung von Cavallos Elektroskop?

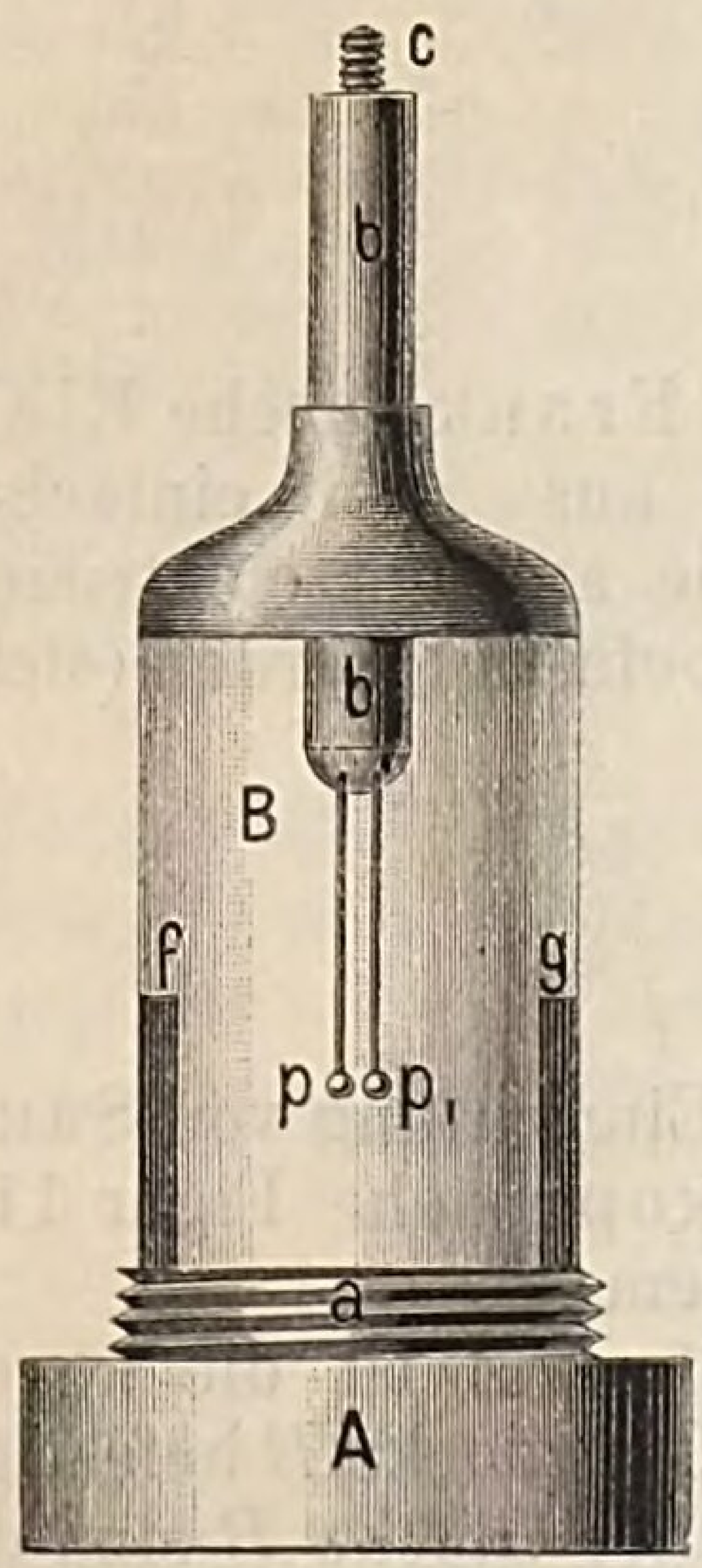
Antwort. Die Einrichtung von Cavallos Elektroskop, siehe Figur 112, besteht in folgendem:

Auf dem mit einem Schraubengewinde *a* versehenen Metallfuss *A* ist der mit einem Hals versehene Glascylinder *B* aufgekittet. In den Hals dieses Cylinders ist die Glasröhre *b* eingekittet, in welche wiederum der mit einem Schraubengewinde versehene Metallstift *c* eingekittet ist. An dem unteren Ende des Stifts *c* ist das Elfenbeinstück *d* angebracht, welches mit zwei Löchern versehen ist, in die zwei feine Silberdrähte p und p_1 so angehängt sind, dass sie sich leicht bewegen. An den Enden der Silberdrähte p und p_1 sind schliesslich noch Korkstückchen befestigt, welche so gross sind, dass sie sich bei vertikaler Stellung der Fäden berühren.

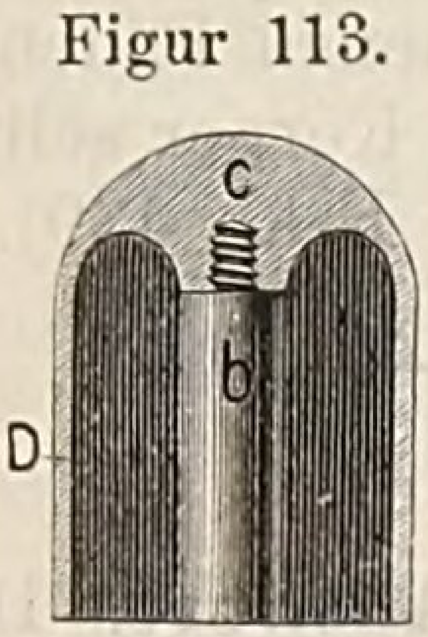
Auf der Innenseite des Glascylinders *B* sind die Stanniolstreifen *f* und *g* angebracht, welche dazu dienen, einesteils bei grösserer Divergenz der Silberdrähte dieselben zu entladen, andernteils die Empfindlichkeit des Elektroskops zu erhöhen.

Das Schraubengewinde am oberen Ende des Stifts *c* dient dazu, beim Arbeiten im Freien und bei ungünstiger Witterung eine Metallkappe aufschrauben zu können (siehe Erkl. 441). Das Schraubengewinde *a* dient dazu, beim Transport eine zweite Hülse aufschrauben zu können, welche das ganze Instrument verschliesst. Der Hals des Cylinders *B* und die Glasröhre *b* sind äusserlich mit Siegellack überzogen.

Figur 112.



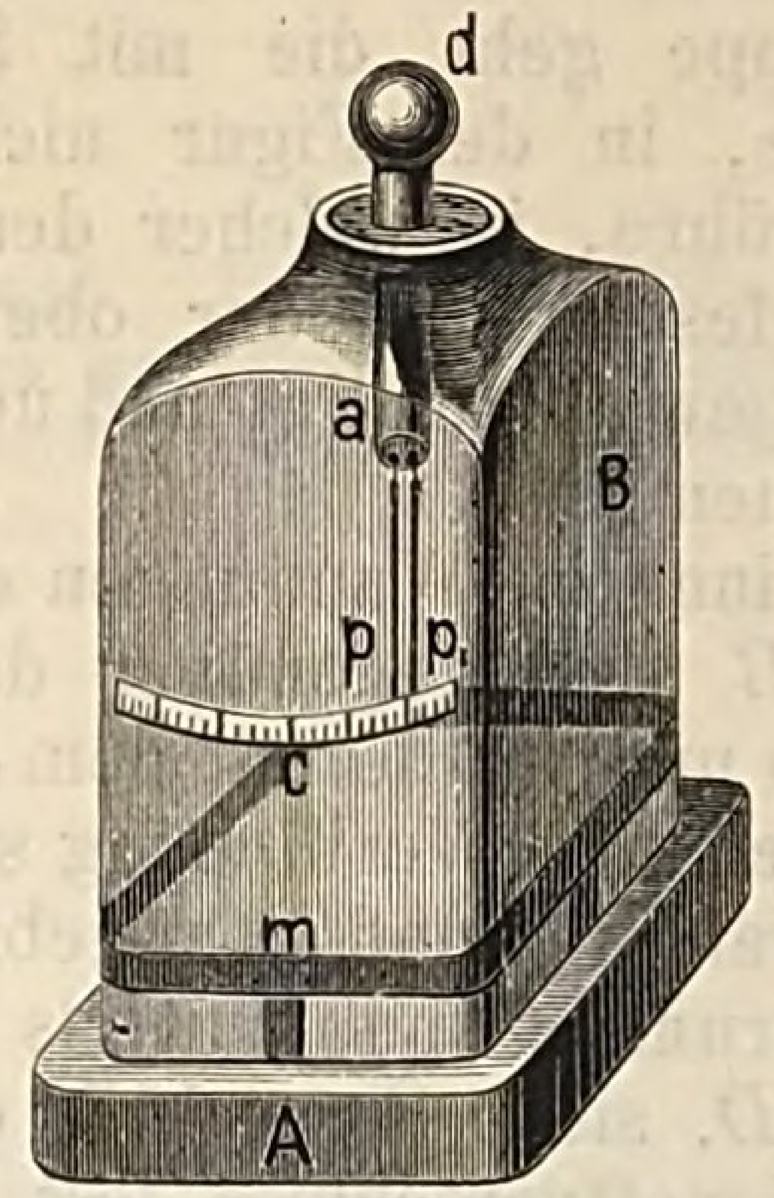
Figur 113.



Erkl. 441. Beim Gebrauch des durch die Figur 112 dargestellten Elektroskops wird der zu prüfende elektrische Körper an den Stift *c* oder bei ungünstiger Witterung an die auf *c* aufgeschraubte Metallhülse *D*, siehe Figur 113, angelegt.

Frage 165. Worin besteht die Einrichtung von Voltas Strohhalmelektroskop?

Figur 114.



Antwort. Die Einrichtung von Voltas Strohhalmelektroskop, siehe Figur 114, besteht in folgendem:

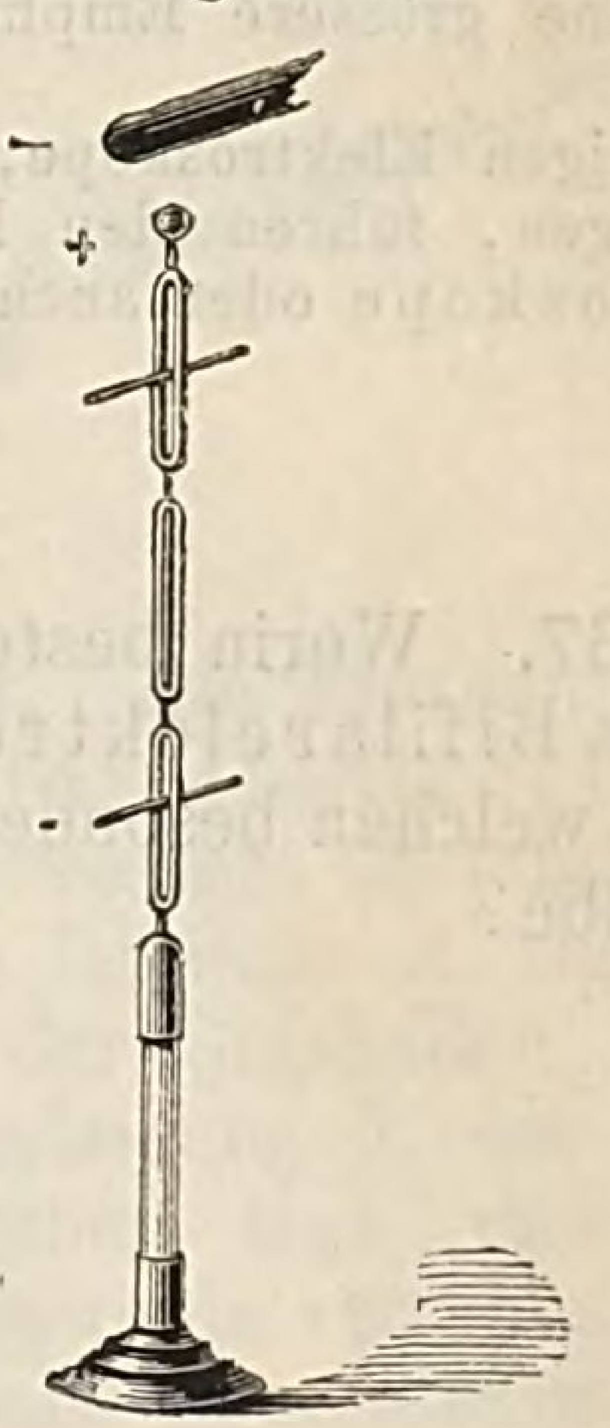
Auf der metallenen Bodenplatte A ruht die vierkantige Glasflasche B, die oben durch einen Holzdeckel verschlossen ist. In den Holzdeckel ist der Metallstift a isoliert eingekittet. An dem unteren Ende desselben sind zwei feine Strohhalme p und p_1 mittels schraubenförmig gewundener Silberdrähte so befestigt, dass sie sich frei bewegen können. Das obere Ende des Stifts a ist abgerundet. Im Innern ist die Flasche in der Nähe des Bodens mit einem Stanniolstreifen m ringsum umgeben, der mittels vertikaler Stanniolstücke mit der Bodenplatte in Verbindung steht. Ferner ist noch auf einer Seite der Glasflasche eine Einteilung angebracht, um die Divergenz der Strohhalme ablesen zu können (siehe die Erkl. 442 und 443).

Erkl. 442. *Volta* versuchte, ähnlich wie *Saussure*, mittels dieses Elektroskops aus der Divergenz der Strohhalme auf die einwirkenden Elektricitätsmengen zu schliessen (siehe Erkl. 440).

Erkl. 443. Durch die Figur 115 ist ein Strohhalmelektroskop dargestellt, wie es gegenwärtig von *Wesselhöft* in Halle angefertigt wird und mittels welchem man die elektrische Verteilung leicht zeigen kann. Das Elektroskop besteht aus einem drei Rahmen bildenden und in einer Kugel endigenden Metallstab, der vertikal auf einem isolierenden Stativ angebracht ist. In den drei Rahmen sind drei um horizontale Achsen sich drehbare Strohhalme angebracht.

Ladet man das Elektroskop durch Mitteilung, indem man z. B. einen geriebenen Ebonitstab an die Kugel direkt anlegt, so stellen sich die drei Strohhalme horizontal. Ladet man hingegen das Elektroskop durch Influenz, indem man den geriebenen Ebonitstab nur nähert (siehe Antwort der Frage 87), so stellen sich nur die mit den beiden entgegengesetzten Influenzelektricitäten der 1ten und 2ten Art geladenen Strohhalme, also der oberste und der unterste horizontal, während der mittlere, als in der neutralen Zone liegend, seine vertikale Lage beibehält.

Figur 115.

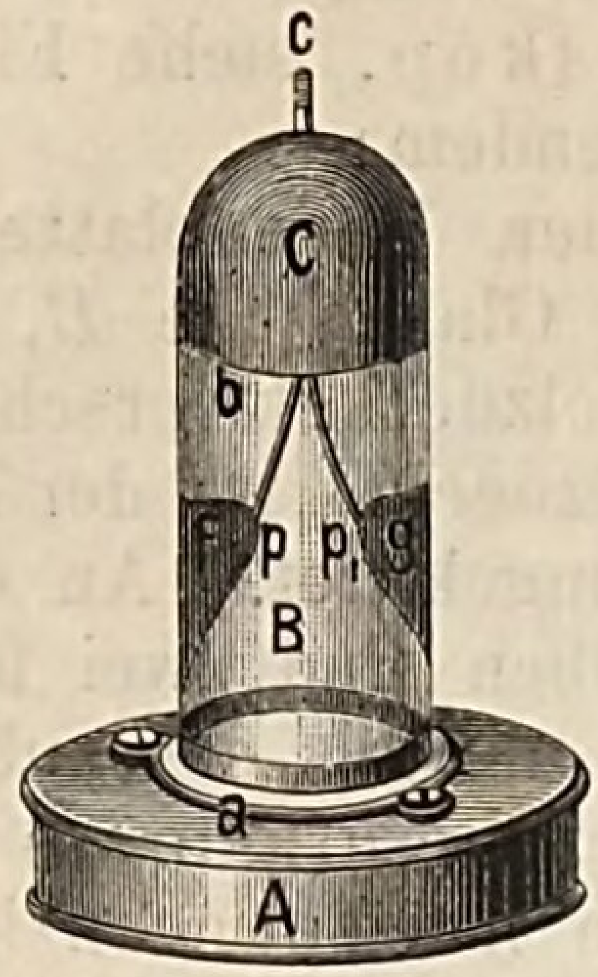


Frage 166. Worin besteht die Einrichtung des Weissschen Goldblattelektroskops?

Antwort. Die Einrichtung des Weissschen Goldblattelektroskops von *Bennet*, siehe Figur 116, besteht in folgendem:

Auf dem Holzfuss A ist mittels zweier Schrauben der Messingring a befestigt; in diesen Messingring ist der Glascylin-

Figur 116.



Figur 117.



Erkl. 444. Da die Strohhalmpendel sehr leicht die Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen, infolgedessen ihre Form verändern, aneinander hängen bleiben und alsdann grössere Elektricitätsmengen nötig haben, um eine Divergenz zu zeigen, und da ferner die Aufhängung elektrischer Pendel in Löchern, welche stets einen Spielraum gestatten, zur Folge hat, dass sich solche Pendel nicht stets in einer und derselben Vertikalebene bewegen, so kam *Bennet* zuerst auf den Gedanken, Goldblättchen (das sind Streifen von geschlagenem Blattgold) in Anwendung zu bringen, durch welche nicht allein diese Missstände beseitigt werden, sondern auch eine grössere Empfindlichkeit erzielt wird.

Alle diejenigen Elektroskope, welche Goldblättchen tragen, führen den Namen Goldblattelektroskope oder auch Bennetsche Elektroskope.

der *B* eingekittet. Am oberen Ende ist dieser Cylinder innerhalb mit dem in der Figur nicht sichtbaren Elfenbeinring *b* versehen, in welchen die Kappe *C* aufgeschraubt ist. Durch den Scheitel dieser Kappe geht die mit Schellack überzogene, in der Figur nicht sichtbare Glasröhre, in welcher der Metalldraht *c* befestigt ist, der oben in ein Schraubengewinde endigt und unten zwei Goldblättchen trägt.

An den inneren Wandungen des Glascylinders *B* sind gegenüber den Goldblättchen p und p_1 die mit dem Messingring *a* in leitender Verbindung stehenden Stanniolstreifen *f* und *g* angebracht.

Das Instrument kann mittels der Messinghülse *D*, siehe Figur 117, die durch sogen. Bajonettverschluss fest mit dem Messingring *a* verbunden werden kann, bei dem Transport vor Beschädigungen gesichert werden (siehe die Erkl. 444).

Frage 167. Worin besteht die Einrichtung des Bifilarelektroskops von *v. Beetz* und welchen besonderen Zwecken dient dasselbe?

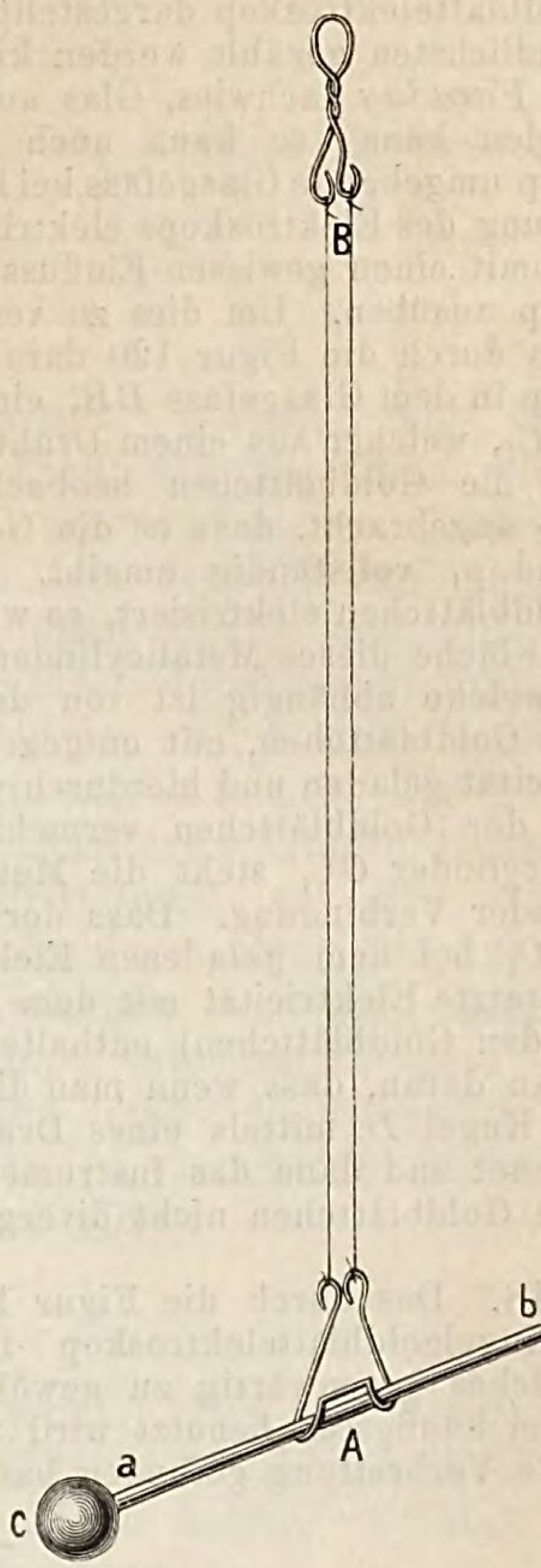
Antwort. Die Einrichtung des Bifilarelektroskops von *v. Beetz*, siehe Figur 118, besteht in folgendem:

An dem einen Ende des 1½—2 mm dicken Schellackstäbchens *ab* ist das Markkügelchen *c* befestigt. Das Schellackstäbchen liegt in dem Haken *A*, der an zwei parallelgerichteten, an der Doppelöse *B* befestigten Aluminiumdrähten befestigt ist.

Dieses Elektroskop dient zum Nachweis kleiner Elektricitätsmengen, indem das Stäbchen *ab* infolge der bifilaren (siehe Erkl. 445) Aufhängung durch die kleinste Kraft schon aus seiner Gleichgewichtslage gebracht wird (siehe Erklärung 446).

Erkl. 445. Das Wort **bifilar** ist zusammengesetzt aus dem lateinischen Wort bini, d. h. je zwei, und aus dem lateinischen Wort filum, d. h. der Faden.

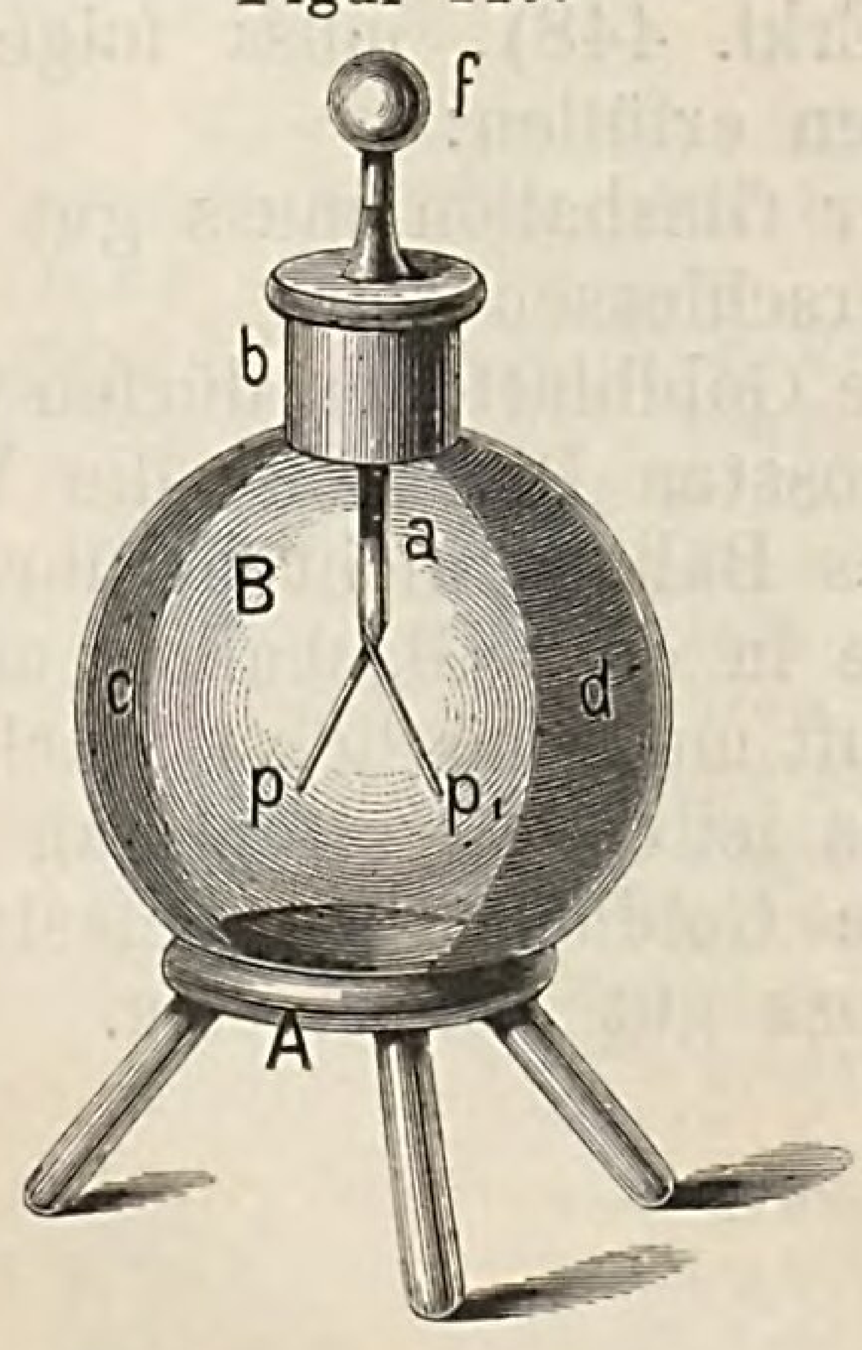
Figur 118.



Erkl. 446. Das in nebenstehender Antwort beschriebene Elektroskop ist nach *Beetz* zu Beobachtungszwecken sehr geeignet. Beim Gebrauch wird zuerst das Markkügelchen *c* möglichst kräftig elektrisiert und dann demselben der zu untersuchende Körper genähert.

Frage 168. Worin besteht die Einrichtung des **Kugelgoldblattelektroskops**?

Figur 119.

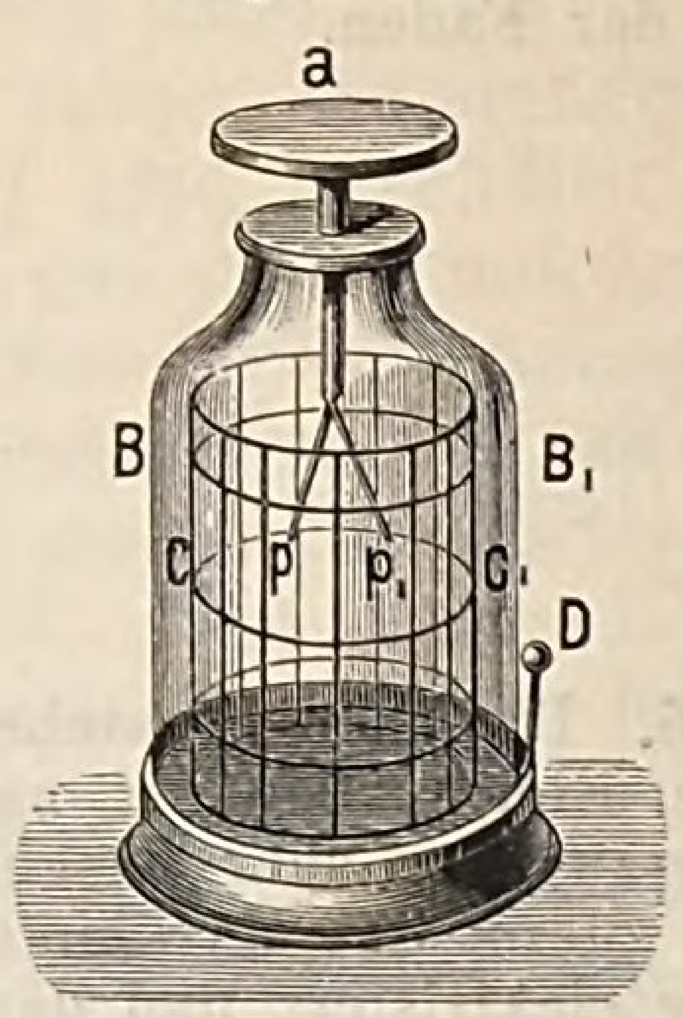


Antwort. Die Einrichtung des **Kugelgoldblattelektroskops**, siehe Figur 119, besteht in folgendem:

Auf dem Dreifuss *A* ruht der Glasballon *B*; der Glasballon *B* ist mittels der Messingfassung *b*, die sich um den Hals desselben legt und mit einem Schraubengewinde versehen ist, welches zur Aufnahme einer Messingscheibe mit dazwischengelegter Lederschicht dient, luftdicht verschlossen. Durch diese Messingscheibe geht der mittels Schellack gut isolierte und eingekittete Messingdraht *a*, der oben in der Kugel *f* endigt und dessen unteres Ende spitz zuläuft und daselbst die zwei dünnen feinen Goldblättchen *p* und p_1 trägt. An der Aussenseite des Ballons sind gegenüber den Goldblättchen *p* und p_1 die Stan-

niolbelegungen c und d angebracht, durch welche die Messingfassung b mit dem Fuss des Elektroskops in leitender Verbindung steht.

Figur 120.



Erkl. 447. Durch die Figur 120 ist ein andres Goldblattelektroskop dargestellt, das zu den empfindlichsten gezählt werden kann.

Da, wie *Faraday* nachwies, Glas auch elektrisch werden kann, so kann auch das ein Elektroskop umgebende Glasgefäss bei kräftiger Elektrisierung des Elektroskops elektrisch werden und somit einen gewissen Einfluss auf das Elektroskop ausüben. Um dies zu vermeiden, ist bei dem durch die Figur 120 dargestellten Elektroskop in dem Glasgefäss BB_1 ein Metallcylinder CC_1, welcher aus einem Drahtnetz besteht, um die Goldblättchen beobachten zu können, so angebracht, dass er die Goldblättchen p und p_1 vollständig umgibt. Werden nun die Goldblättchen elektrisiert, so wird auch die innere Fläche dieses Metallcylinders durch Influenz, welche abhängig ist von der Elektricität der Goldblättchen, mit entgegengesetzter Elektricität geladen und hierdurch wird die Divergenz der Goldblättchen vermehrt. Mit dem Drahtcylinder CC_1 steht die Metallkugel D in leitender Verbindung. Dass der Metallcylinder CC_1 bei dem geladenen Elektroskop entgegengesetzte Elektricität mit dem Elektroskop (mit den Goldblättchen) enthalten muss, erkennt man daran, dass wenn man die Platte a mit der Kugel D mittels eines Drahts leitend verbindet und dann das Instrument elektrisiert, die Goldblättchen nicht divergieren.

Erkl. 448. Das durch die Figur 119 dargestellte Kugelgoldblattelektroskop ist dasjenige, welches gegenwärtig zu gewöhnlichen Zwecken am häufigsten benutzt wird und die allgemeinste Verbreitung gefunden hat.

Frage 169. Welche Bedingungen muss ein gutes Elektroskop, wie es in voriger Antwort beschrieben ist, erfüllen?

Antwort. Ein gutes Elektroskop, wie es in voriger Antwort beschrieben ist und wie es gegenwärtig zu gewöhnlichen Zwecken am häufigsten angewandt wird (siehe Erkl. 448), muss folgende Bedingungen erfüllen:

a). der Glasballon muss gut luftdicht verschlossen sein;

b). die Goldblättchen dürfen bei ihrer grössten Divergenz die Wandung des Ballons nicht berühren;

c). die in dem Glasballon enthaltene Luft muss möglichst trocken sein;

d). das leitende System, an welchem die Goldblättchen befestigt sind, muss gut isoliert sein.

Erkl. 449. Um die in nebenstehender Antwort gegebenen Bedingungen bei der Herstellung eines guten Elektroskops zu erfüllen, gab *Buff* folgendes Verfahren an:

Nachdem der Glasballon innen und aussen gut mit Schellackfirnis überzogen und erwärmt ist, um die feuchte Luft auszutreiben, wird das Stück des Drahts, welches in den Hals der Flasche zu stecken kommt, an zwei Stellen mit Seide so dick umwickelt, dass sich der Draht mit dieser Umwicklung noch mit etwas Druck in die Oeffnung der Messingplatte, welche in den Hals des Ballons eingeschraubt wird, drücken lässt; ausserdem wird der Draht an den umwickelten Stellen mit einer dicken Lage von Schellack umgeben und jene Messingplatte vor dem Einstecken des Drahts erwärmt.

Erkl. 450. Bei einem Elektroskop, welches die in nebenstehender Antwort angegebenen

Bedingungen erfüllt, kann man bis auf 1 m Entfernung das Vorhandensein eines elektrischen Körpers erkennen.

Erkl. 451. Die Fragen 170—174 beziehen sich auf ein Kugelgoldblattelektroskop oder auf ein demselben ähnliches Elektroskop.

Frage 170. Welche Erscheinung findet statt, wenn man dem Knopf eines Elektroskops einen elektrischen Körper nähert?

Antwort. Nähert man dem Knopf eines Elektroskops einen elektrischen Körper, so wirkt dieser elektrische Körper auf den Knopf, auf den mit ihm verbundenen Draht und auf die daran befestigten Goldblättchen influenzierend, infolgedessen wird sich in dem Knopf die Influenzelektricität der 1ten Art, in den entfernteren Goldblättchen die Influenzelektricität der 2ten Art ansammeln, letztere also gleichnamig elektrisch machen, was man durch die Erscheinung wahrnimmt, dass die Goldblättchen eine divergierende Stellung zu einander einnehmen (siehe die Erkl. 452 und 453).

Erkl. 452. Bei nebenstehend erwähntem Experiment wird vorausgesetzt, dass vor demselben das Elektroskop vollständig unelektrisch war, bezw. dass also die Goldblättchen schlaff herabhingen und keine Divergenz zeigten.

Erkl. 453. Bringt man den Knopf eines unelektrischen Elektroskops mit einem elektrischen Körper in direkte Berührung, so findet dieselbe Erscheinung wie die in nebenstehender Antwort erwähnte statt, nur ist hier die Elektrisierung der Goldblättchen durch Mitteilung anstatt durch Influenz erfolgt (siehe die Antwort der Frage 87).

Frage 171. Auf welche Weise ladet man ein Elektroskop mit einer bestimmten Elektricitätsart?

Antwort. Um ein Elektroskop mit einer bestimmten Elektricitätsart, z. B. mit $-E$ zu laden, verfährt man folgendermassen:

Man nähert dem Knopf eines unelektrischen Elektroskops einen $+$ elektrischen Körper, z. B. eine mit Kienmaierschem Amalgam geriebene Glasstange und berührt dann den Knopf mit dem Finger ableitend. Hierdurch wird die in dem Elektroskop hervorgerufene Influenzelektricität der 2ten Art, welche mit der Elektricität der Glasstange gleichnamig, also $+E$ ist, zur Erde abgeleitet (siehe Erkl. 454), während die Influenzelektricität der 1ten Art, welche $-E$ ist, von der $+E$ der Glasstange in dem Knopfe des Elektroskops festgehalten wird. Entfernt man dann die influenzierende Glasstange, bezw. die influenzierende $+E$, so wird die im Knopf gebundene $-E$ frei und verbreitet sich über die Goldblättchen, welche sofort divergieren, und das Elektroskop ist mit $-E$ geladen.

Erkl. 454. Dass durch die Berührung des Knopfs eines Elektroskops, welchem nach nebenstehender Antwort ein elektrischer Körper genähert wird, mit dem Finger Elektricität abgeleitet wurde, erkennt man daran, dass die Goldblättchen vor der Berührung starke Divergenz zeigten (siehe Antwort der Frage 169), während sie bei jener Berührung sofort zusammenfallen.

Erkl. 455. Zum Laden eines Elektroskops mit einer bestimmten Elektricität bedient man sich mit Vorteil, besonders dann, wenn man wie bei der Untersuchung über die Art der Elektricität eines elektrischen Körpers die Ladung des Elektroskops häufig ändern muss, der sogen. elektrischen Spitze.

Die elektrische Spitze, welche durch die Figur 121 dargestellt ist, hat ihren Namen nur wegen ihrer besonderen Form und Einrichtung. Die Einrichtung derselben ist folgende:

An den Enden einer ziemlich kräftigen Glasröhre sind die Messingfassungen *a* und *b* angebracht, welche die Röhre beiderseits verschliessen. Die obere Fassung *a* ist durchbohrt und durch diese Durchbohrung geht mit schwacher Reibung der Messingstab *mn*, an dessem in der Röhre befindlichen Ende der

Metallstempel *c* befestigt ist. Dieser Metallstempel *c* ist so mit einem amalgamierten Leder überzogen, dass er sich mit starker Reibung in der Glasröhre hin- und herbewegen lässt. Der Metallstempel *c* ist auf einer Seite der Länge nach durchbohrt und trägt in der Mitte ein kurzes Glasstäbchen, an welchem der Metallstern *d*, der fast die innere Wandung der Glasröhre berührt, befestigt ist. Durch die messingene Spiralfeder *f* ist der Stern *d* mit der unteren Fassung *b* leitend verbunden. Am oberen Ende des Messingstabs *mn* ist ein Glasstab befestigt und an diesem ist die Handhabe *g* angebracht, an welcher man den Messingstab *mn*, bezw. den Stempel *c* auf- und niederbewegen kann. Die Glasstäbe und die äussere Fläche der Glasröhre sind mit Schellackfirnis überzogen. Bei dem Gebrauch wird der Stempel *c* stets soweit niedergedrückt, dass er die untere Fassung *b* berührt.

Will man mit diesem Instrument ein Elektroskop mit positiver Elektricität laden, so hält man dasselbe mit der einen Hand an der oberen Fassung *a*, legt die untere Fassung *b* an den Knopf des Elektroskops und zieht den Stempel *c* mit der andern Hand an dem Handgriff *g* in die Höhe. Will man hingegen mit diesem Instrument ein Elektroskop mit negativer Elektricität laden, so hält man das Instrument mit der einen Hand an der unteren Fassung *b*, legt die obere Fassung *a* an den Knopf des Elektroskops und zieht mit der andern Hand wie vorhin den Stempel *c* in die Höhe. Da die Divergenz in beiden Fällen um so grösser wird, je höher hinauf man den Stempel *c* zieht, so kann man mit diesem Instrument dem Elektroskop eine beliebig starke Ladung geben, deren Maximum erreicht wird, wenn sich der Stempel *c* bei *a* befindet.

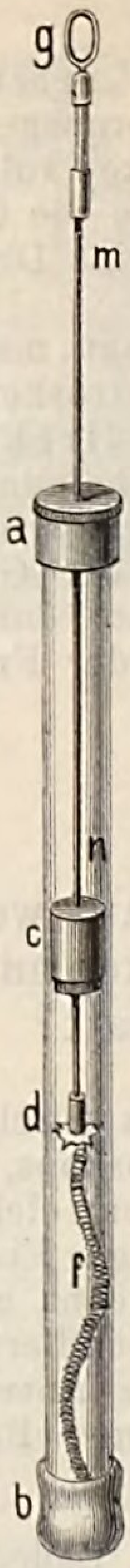
Erkl. 456. Durch die Figur 122 ist eine Verbindung zweier ganz gleichen Kugelgoldblattelektroskope dargestellt, mittels welcher nach den Angaben des Mechanikus *M. Wesselhöft*, der derartige sehr empfindliche und übereinstimmende Goldblattelektroskope in vorzüglicher Ausführung anfertigt, folgende hübsche Experimente ausgeführt werden können:

1). Stellt man beide Elektroskope nebeneinander und ladet das eine, indem man z. B. mittels eines Probescheibchens oder einer Probekugel von einem geriebenen Ebonitstab $-E$ wegnimmt und dem einen Elektroskop mitteilt, und verbindet dann beide Elektroskope, wie die Figur 122 zeigt, mittels eines messingenen, mit isolierendem Handgriff versehenen Verbindungsstabs, so gibt das geladene Elektroskop die Hälfte seiner Ladung an das andre ab, was man daran erkennt, dass die Goldblättchen beider Elektroskope gleiche Divergenzen zeigen.

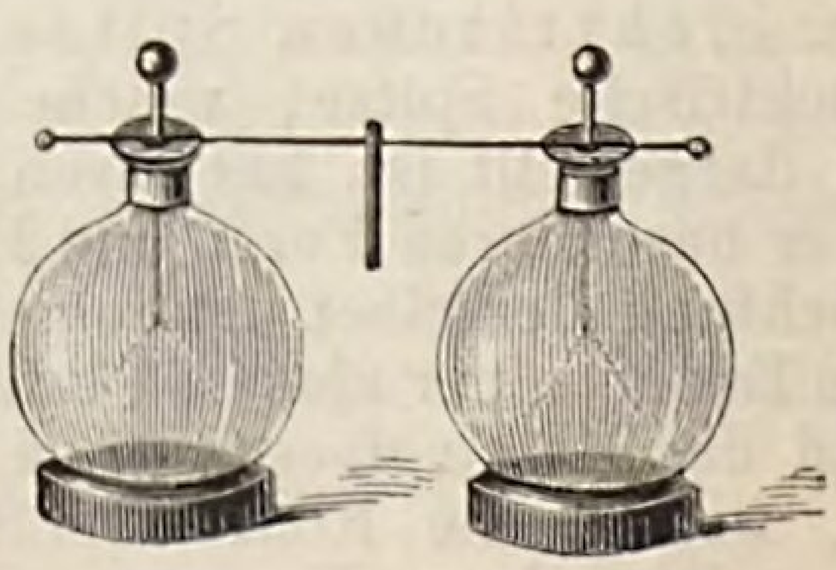
2). Hat man das eine Elektroskop mit $+E$ geladen, indem man z. B. analog wie vorhin mittels eines Probescheibchens oder einer Probekugel von einem mit Amalgam geriebenen Glas-

Will man das Elektroskop mit $+E$ laden, so muss man das Elektroskop der influenzierenden Wirkung eines $-$ elektrischen Körpers aussetzen, also z. B. eine mit Wolle geriebene Harzstange dem Knopf nähern (siehe die Erkl. 453).

Figur 121.



Figur 122.



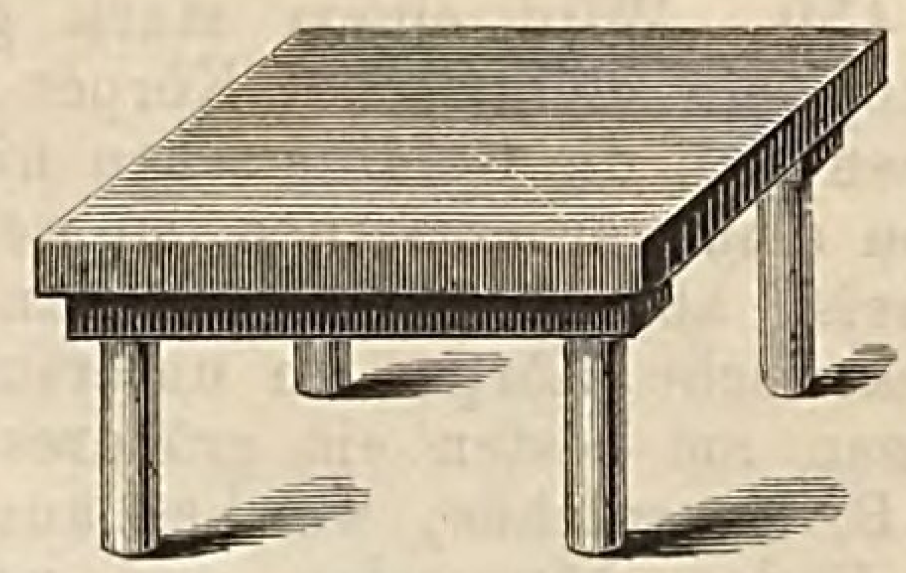
stab $+E$ wegnimmt und dem einen Elektroskop mitteilt, und ladet das andre Elektroskop wie unter 1). angegeben ist mit $-E$, so dass beide Elektroskope gleiche Divergenzen zeigen, und man verbindet dann die beiden Elektroskope, so fallen die Goldblättchen beider Elektroskope zusammen, d. h. die Mengen entgegengesetzter Elektricitäten haben sich neutralisiert.

3). Verbindet man die beiden ungeladenen Elektroskope, wie die Figur 122 zeigt, und man nähert einen geriebenen Ebonitstab, so divergieren die Goldblättchen beider Elektroskope, beide Elektroskope sind aber durch Influenz mit entgegengesetzter Elektricität geladen. Dies erkennt man daran, dass wenn man die Verbindung beider Elektroskope unterbricht, dann den Ebonitstab wieder entfernt und nunmehr dem einen oder dem andern der so geladenen Elektroskope nähert, bei dem einen Elektroskop eine Verminderung, bei dem andern eine Vergrösserung der Divergenz eintritt.

4). Stellen sich zwei Personen neben die ungeladenen Elektroskope auf Isolierschemel, siehe Figur 123 und Erkl. 456[a], oder auf eine isolierende Ebonitplatte, oder ziehen dieselben isolierende Gummischuhe an und die eine Person gibt der andern einen leichten Schlag auf die Bekleidung (eine leichte momentane Berührung mit der Hand genügt oft) und jede der beiden Personen berührt hiernach den Knopf eines der Elektroskope, so findet eine Divergenz der Goldblättchen statt. Mittels eines geriebenen Ebonit- oder Glasstabs, welcher dem einen und dann dem andern Elektroskop genähert wird, erkennt man, dass beide Elektroskope entgegengesetzte Elektricitäten zeigen.

5). Stellen sich zwei Personen, wie unter 4). erwähnt, isoliert neben den Elektroskopen auf, und peitschen sich dieselben stärker, z. B. mit frisch gewaschenen wollenen Strümpfen, so kann man an den Elektroskopen, wie vorhin erwähnt, erkennen, dass sie grössere ungleichnamige elektrische Ladungen angenommen haben. Diese Ladungen können so stark werden, dass sich kräftige Funken aus den Personen ziehen lassen und dass man Verstärkungsflaschen durch dieselben laden kann.

Figur 123.



Erkl. 456[a]. Der durch die Figur 123 dargestellte Isolierschemel besteht aus einer Holzplatte, die auf vier kurzen, mit Schellackfirnis überzogenen Glassäulen befestigt ist.

Frage 172. Auf welche Weise kann man mittels eines Elektroskops untersuchen, von welcher Art die Elektricität eines elektrischen Körpers ist?

Erkl. 457. Elektroskope mit Gradbogen sind in dem folgendem Abschnitt: „Ueber die Elektrometer" beschrieben und dargestellt.

Erkl. 458. Zu dem in nebenstehender Antwort erwähnten Experiment sei bemerkt, dass wenn durch Annäherung eines elektrischen Körpers, dessen Elektricität mit der des Elektroskops ungleichnamig ist, die Goldblättchen

Antwort. Will man mittels eines Elektroskops untersuchen, von welcher Art die Elektricität eines elektrischen Körpers ist, so lade man zunächst das Elektroskop mit einer bestimmten Elektricität, nämlich mit positiver oder mit negativer Elektricität (siehe Antw. der Frage 171); infolgedessen werden dann die Goldblättchen eine bestimmte Divergenz zeigen, die man am besten an

ihre Divergenz vollständig verloren hatten, bei weiterem Annähern dieses Körpers die Goldblättchen wieder divergieren, indem der elektrische Körper influenzierend auf das entladene Elektroskop wirkt und die hierdurch hervorgerufene Influenzelektricität der 2ten Art nach den Pendelchen hintreibt. Hierdurch wird das Elektroskop mit der Elektricität geladen, die der vorherigen entgegengesetzt ist.

Erkl. 459. Wird einem stark geladenen Elektroskop ein elektrischer Körper genähert und können sich die Goldblättchen nicht mehr weiter von einander entfernen, so werden dieselben meist abgerissen. Hat man deshalb stark elektrische Körper zu untersuchen, so benutzt man am besten ein gröberes Elektroskop, z. B. ein solches, welches aus zwei an leinenen Fäden hängenden und vergoldeten Korkkügelchen besteht.

Erkl. 460. Nimmt man einen Streifen Pyroxylinpapier (Pyropapier) und streicht ihn sanft mit einem mit Amalgam geriebenen Leder, oder zieht man ihn unter sanfter Reibung durch zwei Spiegelbelegungen, oder auch durch zwei negativ elektrische Platten von Ebonit, so wird er stets positiv elektrisch. Zieht man hingegen einen solchen Streifen Pyroxylinpapier zwischen zwei Fingern hindurch, so wird er stark negativ elektrisch.

Einen auf diese Weise + oder — elektrisch gemachten Streifen jenes Papiers kann man in Ermanglung eines andern Elektroskops ebenfalls zum Nachweis für positive und negative Elektricität benutzen.

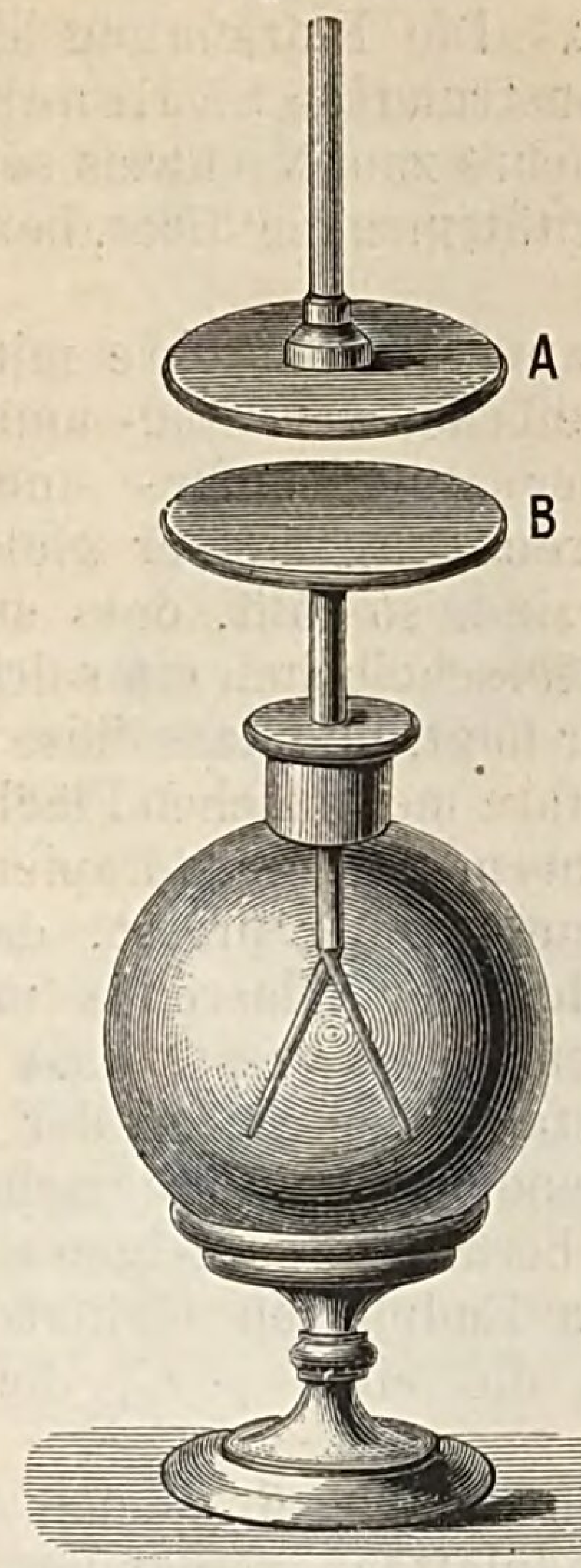
einem in dem Elektroskop angebrachten Gradbogen (siehe Erkl. 458) sich merkt. Dann nähere man dem Knopf dieses Elektroskops den zu untersuchenden elektrischen Körper. Ist nun dieser Körper mit der Elektricität des Elektroskops gleichnamig elektrisch, so wird die Elektricität des Elektroskops nach den Goldblättchen getrieben, die elektrische Spannung in denselben vermehren und somit eine stärkere Divergenz der Goldblättchen hervorrufen; ist hingegen der Körper mit dem Elektroskop ungleichnamig elektrisch, so wird die ungleichnamige Elektricität des Elektroskops angezogen, sie wird infolgedessen nach dem Knopf zu verdichtet und die elektrische Spannung in den Goldblättchen wird kleiner und letztere werden eine geringere Divergenz zeigen (siehe die Erkl. 458 und 459).

Frage 173. Wie kann man mittels des Kugelgoldblattelektroskops schwache Elektricitätsmengen nachweisen?

Antwort. Um mit dem Kugelgoldblattelektroskop schwache Elektricitätsmengen nachzuweisen, verbindet man dasselbe mit einem Kondensator. Zu diesem Zweck wählt man ein Elektroskop, welches, wie die Figur 124 zeigt, statt einer Kugel die Platte *B* trägt, die auf der oberen Fläche mit Schellackfirnis überzogen ist (siehe Erkl. 461); auf diese Platte wird die zweite, mit einem isolierenden Handgriff versehene gleichgrosse Platte *A*, welche auf der unteren Seite mit Schellackfirnis überzogen ist, aufgesetzt. Wie bereits in Antwort der Frage 133 erwähnt, kann man in diesem sogen. Firniskondensator von *Volta* eine grössere Menge der Elektricität eines schwach elektrischen Körpers ansammeln und somit an der hierdurch erfolgenden Divergenz der Gold-

Erkl. 461. Hat man ein Elektroskop, dessen Knopf aufgeschraubt ist, so kann man denselben abschrauben und zu dem in nebenstehender Antw. erwähnten Zweck eine Platte aufschrauben.

Figur 124.



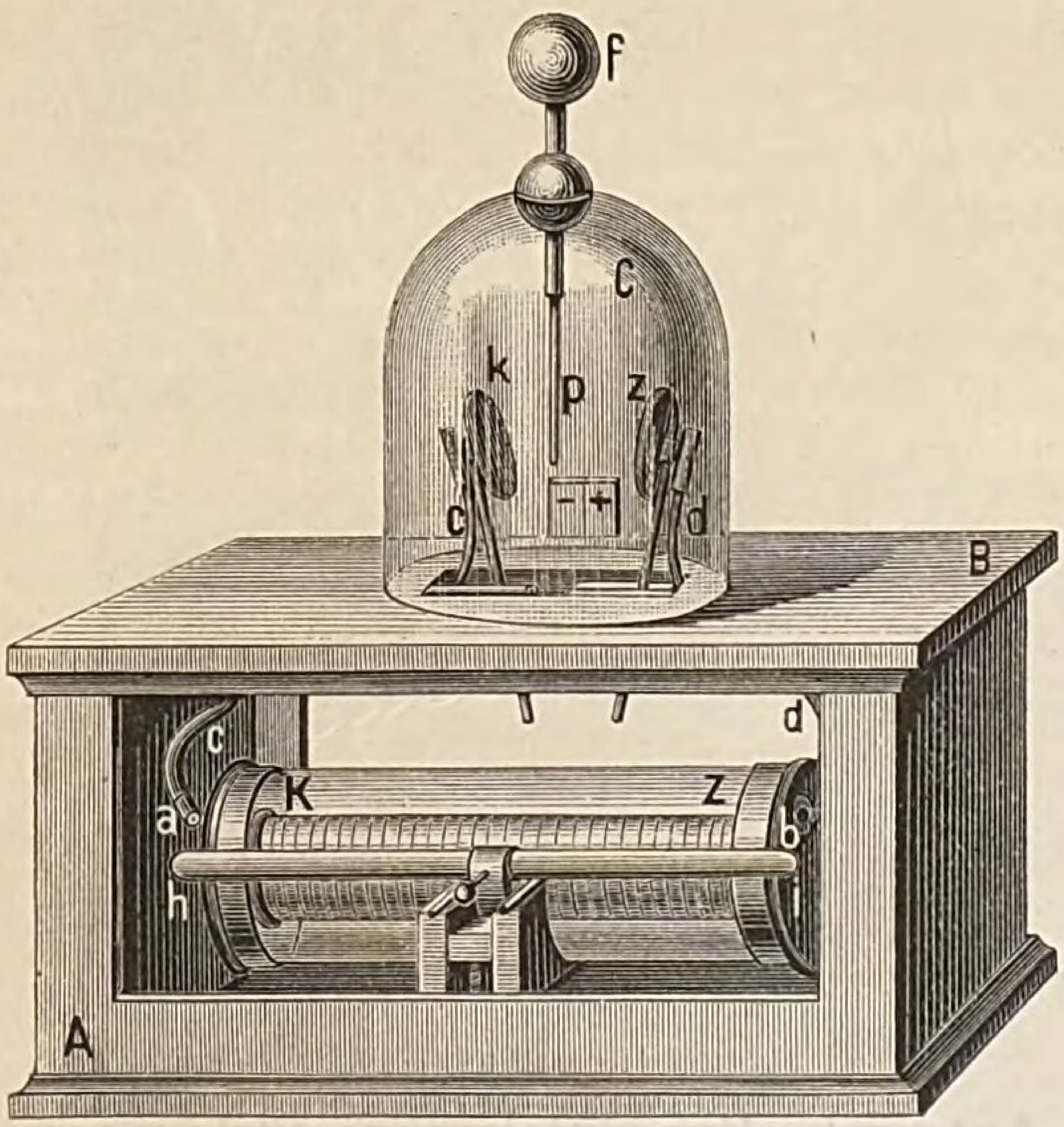
blättchen die Elektricität jenes nur schwach elektrischen Körpers nachweisen.

Frage 174. Auf welche Weise kann man mittels eines Elektroskops untersuchen, ob ein Körper ein Leiter oder Nichtleiter, bezw. ein guter oder schlechter Leiter ist?

Antwort. Um mittels eines Elektroskops zu untersuchen, ob ein Körper ein Leiter oder Nichtleiter, bezw. ein guter oder schlechter Leiter ist, ladet man das Elektroskop mit irgend einer Elektricität und fasst den zu untersuchenden Körper mit der Hand an und bringt ihn auf diese Weise mit dem Knopf des Elektroskops in Berührung. Der Körper ist ein Leiter, bezw. ein guter Leiter, wenn die Goldblättchen sofort zusammenfallen; er ist hingegen ein Nichtleiter, bezw. ein schlechter Leiter, wenn die Goldblättchen nicht, oder erst nach längerer Zeit zusammenfallen. Diese Untersuchung stützt sich darauf, dass der menschliche Körper selbst ein guter Leiter ist, und dass für den Fall, wenn ein in der Hand gehaltener Körper auch ein guter Leiter ist, die Elektricität des Elektroskops sofort über diesen und den menschlichen Körper und von da über die Erde abgeleitet wird (siehe die Erkl. 39).

Frage 175. Worauf beruht die Einrichtung des Säulenelektroskops von *Behrens*, worin besteht dessen Einrichtung nach *Riess* und wie verfährt man bei dem Gebrauch desselben?

Figur 125.



Erkl. 462. *Behrens* war der erste, welcher die sog. elektrischen Säulen (siehe Kleyers Lehrbuch des Galvanismus) zum Nachweis geringer Elektricitätsmengen benutzte. Das von *Behrens* zu diesem Zweck konstruierte Elektroskop bestand aus zwei kleinen elektrischen Säulen, die auf einem Fussgestell ruhten, und zwar so, dass sich bei der einen Säule das Kupferende, bei der andern Säule das Zinnende oben befand. Zwischen beiden Säulen befand sich eine Glasglocke, in welcher ein Goldblättchen mittels eines durch die Glocke gehenden Metallstifts vertikal aufgehängt war. Durch zwei seitliche Oeffnungen, welche an der Glocke angebracht waren, gingen zwei zu den oberen Enden jener Säulen führende Zuleitungsdrähte, und zwar so, dass sich das Goldblättchen zwischen den Enden dieser Drähte befand (siehe die Erkl. 463).

Antwort. Die Einrichtung des von *Behrens* konstruierten Säulenelektroskops, welches zum Nachweis sehr kleiner Elektricitätsmengen dient, beruht auf folgendem:

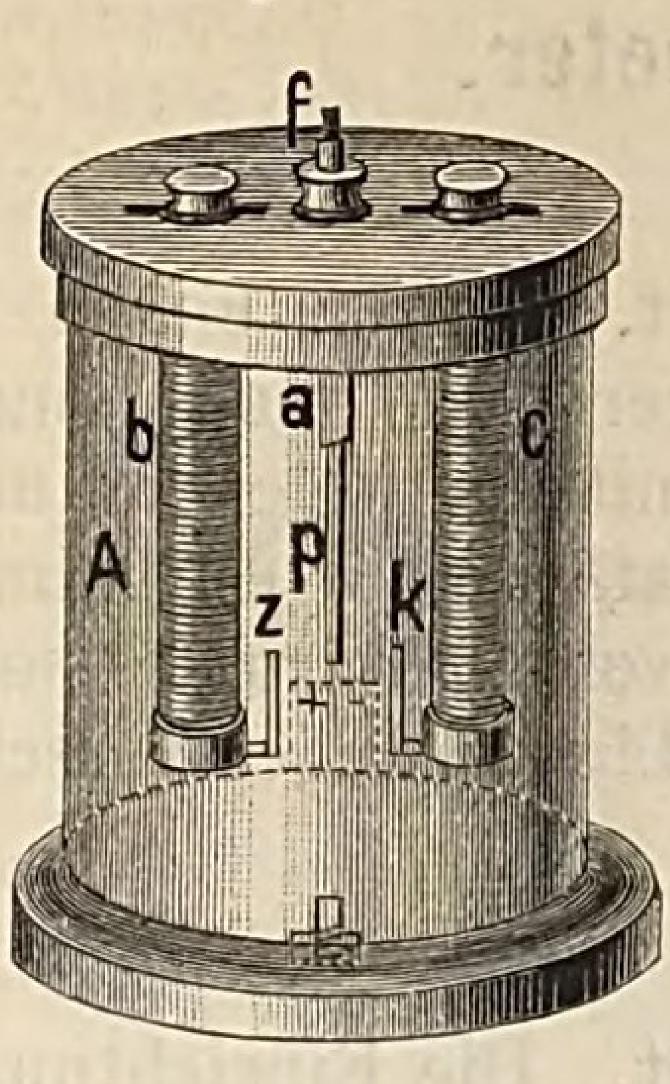
Wenn man eine Glasröhre mit kreisrunden Scheibchen von Gold- und Silberpapier, oder von Kupfer- und Zinnpapier, deren Durchmesser gleich dem der Röhre sind, so füllt, dass stets auf ein Goldpapierscheibchen ein solches von Silberpapier folgt, und dass diese Papierscheibchen ihre metallischen Flächen einander zukehren, und diese Papierscheibchen fest aufeinander presst, dann die beiden Enden der Glasröhre mit zwei Metallplatten so schliesst, dass dieselben die metallischen Seiten der an den Enden liegenden zwei Papierscheibchen vollständig berühren, so zeigen sich jene metallischen Endplatten elektrisch und zwar zeigt die eine $+E$, die andre $-E$.

Legt man nun zwei solcher Röhren mit den Endplatten aneinander, welche entgegengesetzte Elektricitäten zeigen, und zwar so, dass ihre Achsen eine gerade Linie bilden und bringt zwischen jene zwei aneinanderliegende Endflächen ein Goldblättchen, das frei herabhängt, so wird dieses Goldblättchen seine Gleichgewichtslage beibehalten, sobald die Endplatten gleich stark elektrisch sind, indem es beiderseits gleich stark angezogen, bezw. abgestossen wird. Enthält das Goldblättchen hingegen eine noch so geringe Menge Elektricität, so wird es sich infolge der Anziehung der einen metallischen Platte und infolge der Abstossung der andern metallischen Platte nach der Seite hin neigen, auf welcher die ihr entgegengesetzte Elektricität vorhanden ist.

Die Einrichtung, welche *Riess* einem solchen, nach seinem Erfinder *Behrens* benannten Elektroskop gab (siehe die Erkl. 462—464), besteht in folgendem:

Eine einzige, wie vorstehend angegeben, mit Kupfer- und Zinnpapier gefüllte Glasröhre KZ, siehe Figur 125, ist an dem Boden des Holzkastens AB

Figur 126.



Erkl. 463. Dem ursprünglichen Behrensschen Elektroskop (siehe Erkl. 462), welches infolge seiner Konstruktion mancherlei Beschädigungen ausgesetzt war, gab *Bohnenberger* die durch die Figur 126 dargestellte Form. Die Einrichtung des Bohnenbergerschen Elektroskops besteht in folgendem:

Auf einem Holzuntersatz ist der Glascylinder *A*, der oben mit einem Messingdeckel geschlossen ist, eingekittet. In der in der Mitte des Deckels befindlichen Oeffnung ist eine mit Schellack gefüllte Messingröhre angeschraubt. Durch diese Messingröhre geht der Messingstift *a*, an dessen unterem Ende das Goldblättchen *p* befestigt ist. In jeder der Glasröhren *b* und *c* befindet sich, ähnlich wie bei dem durch die Figur 125 dargestellten und nebenstehend beschriebenen Elektroskop, eine aus Scheiben bestehende Säule. Die Glassäulen sind in Schlitzen des Deckels, wie die Figur 126 zeigt, angebracht und können verschoben und mittels Klemmschrauben befestigt werden. An dem unteren Ende der Säulen sind die rechtwinklig gebogenen Metallplättchen *k* und *z*, auch Polplatten genannt, angebracht. Die Säulen können auch in entsprechender Weise an der Bodenplatte angebracht werden. Das Instrument eignet sich besonders bei gröberen Messungen im Freien.

Erkl. 464. Da bei solchen Elektroskopen, wie sie in den vorstehenden Erkl. 462 und 463 beschrieben sind, zwei Säulen zur Verwendung kommen und infolgedessen oft Unregelmässigkeiten eintreten, indem z. B. das Goldblättchen nicht frei vertikal zu hängen kommt etc., so hat *Fechner* dies dadurch zu verbessern gesucht, dass er nur eine Säule anwandte, und diese Verbesserung *Fechners* benutzte *Riess* zur Konstruktion seines in nebenstehender Antwort beschriebenen Elektroskops.

horizontal befestigt. Die metallischen Endplatten dieser Röhre sind mit den Gelenken *a* und *b* versehen, welche zur Befestigung der Metalldrähte *c* und *d* dienen, die durch einen in dem Deckel des Holzkastens angebrachten, mit Glas belegten Riss von circa 8 cm Länge und 8 mm Breite in die auf demselben stehende Glasglocke *C* führen und an ihren Enden die runden Messingplatten *k* und *z* tragen. Die Glasglocke *C* selbst enthält oben eine Durchbohrung, in welche ein Messingstab, der oben die Kugel *f* oder eine Platte, die unten das Goldblättchen *p* trägt, eingekittet ist.

Im Innern des Holzkastens ist noch parallel der Röhre *KZ* das Metallstäbchen *hi* angebracht, welches vor- oder rückwärts geschoben werden kann und somit zur metallischen Verbindung der beiden Endplatten der Röhre *KZ* dient. Wird dieses Metallstäbchen *hi* so vorgeschoben, dass es die Metallenden der Röhre *KZ* berührt, so können hierdurch diese verbunden, bezw. die Metallplatten *k* und *z* gleich stark elektrisch gemacht werden.

Der Gebrauch dieses Elektroskops besteht in folgendem:

Die Messingplatte *k*, bezw. das mit ihr in leitender Verbindung stehende Ende *K* der Röhre *KZ* zeigt sich stets — elektrisch; die Messingplatte *z*, bezw. das mit ihr in leitender Verbindung stehende Ende *Z* der Röhre *KZ* zeigt sich stets + elektrisch. Sind nun beide Platten *k* und *z* gleich stark elektrisch gemacht, so bleibt das Goldblättchen *p* in seiner vertikalen Gleichgewichtslage; wird jedoch dem Goldblättchen durch eie Kugel *f* die kleinste Menge Elektricität mitgeteilt, so wird es nach der Platte *k* hinbewegt, wenn es +, und nach der Platte *z* hinbewegt, wenn es — elektrisch ist.

Mittels dieses Apparats kann man somit nicht allein das Vorhandensein sehr geringer Elektricitätsmengen nachweisen, sondern man kann auch die Art derselben in ganz bestimmter Weise feststellen.

b). Ueber die Elektrometer.

Frage 176. Was versteht man unter einem Elektrometer?

Antwort. Unter einem Elektrometer versteht man einen solchen Apparat, mittels welchem man sich Bestimmungsstärke für die numerische Berechnung von Elektricitätsmengen oder deren Kraftäusserungen verschaffen kann.

Frage 177. Worauf beruht die Einrichtung der Elektrometer im allgemeinen?

Erkl. 465. Da, wie später gezeigt wird, die elektrischen Wirkungen (Abstossungen etc.) von den aufeinanderwirkenden Elektricitätsmengen abhängig sind, so benutzt man umgekehrt die an den Elektrometern wahrnehmbaren elektrischen Wirkungen zur Bestimmung der Elektricitätsmengen.

Antwort. Die Einrichtung der Elektrometer beruht im allgemeinen darauf, dass man auf irgend eine Weise die Intensität (Grösse oder Stärke) der abstossenden Wirkungen von Elektricitätsmengen vergleichend zu bestimmen, oder durch die Intensität irgend einer andern Kraft zu messen sucht (siehe die Erkl. 465).

Frage 178. In welche Hauptgruppen kann man die Elektrometer einteilen und zwar je nach der Art und Weise, nach welcher man die Intensität der abstossenden Wirkung von Elektricitätsmengen zu messen suchte?

Erkl. 466. Wie sich aus dem nachfolgenden ergibt, gibt es Elektrometer, bei welchen nur eine Elektricitätsart zur Wirkung kommt; dann gibt es aber auch solche Elektrometer, bei welchen die beiden Elektricitätsarten zur Wirkung kommen. Dementsprechend wurden diese Elektrometer in zwei Klassen eingeteilt, nämlich in sogen. idiostatische und in sogen. heterostatische Instrumente.

Zu den idiostatischen Instrumenten zählt man die Instrumente, in welchen nur eine, nämlich die zu untersuchende Elektricität zur Wirkung kommt, wie z. B. bei dem Goldblattelektroskop.

Zu den heterostatischen Instrumenten zählt man hingegen die Instrumente, in welchen ausser der zu prüfenden Elektricität, und zwar unabhängig von derselben, noch eine andre Elektricität zur Wirkung kommt, wie z. B. bei dem später beschriebenen Thomsonschen Quadrantenelektrometer.

Bei den idiostatischen Instrumenten, wie z. B. bei dem Goldblattelektroskop, sind die Angaben, welche in der Divergenz der Goldblättchen bestehen, dieselben, einerlei ob die zu prüfende Elektricität positiv oder negativ ist; bei den heterostatischen Instrumenten

Antwort. Die Elektrometer kann man (siehe Erkl. 465) einteilen:

1). in solche, bei welchen die Intensität der Abstossung durch die Entfernung der sich abstossenden Elektricitäten gemessen wird;
2). in solche, bei welchen die Intensität der Abstossung durch die Schwerkraft der Erde, oder durch Gewichte gemessen wird;
3). in solche, bei welchen die Intensität der Abstossung durch die Torsionskraft eines tordierten Fadens gemessen wird, und
4). in solche, bei welchen die Intensität der Abstossung durch die magnetische Direktionskraft gemessen wird.

(Siehe die Antwort der folgenden Frage.)

ist dies nicht der Fall. Die Angaben der heterostatischen Instrumente bestehen nämlich in einem Ausschlagswinkel der sogen. Nadel und dieser erfolgt nach der einen oder der andern Seite, je nachdem die Elektricität positiv oder negativ ist.

Erkl. 467. Aus der vorstehenden Erklärung ergibt sich, dass während die idiostatischen Instrumente (z. B. das Goldblattelektroskop) nur indirekt zur Erkennung der Art der Elektricität dienen, die heterostatischen Instrumente auch zur direkten Erkennung der Art der Elektricität dienen können. Die heterostatischen Instrumente gehören also hiernach zu den vollkommensten Elektroskopen.

Frage 179. Welches sind die bekanntesten der seither gebräuchlichen Elektrometer?

Antwort. Die bekanntesten der seither gebräuchlichen Elektrometer sind:

1). *Saussures* Elektrometer,
2). *Voltas* Strohhalmelektrometer,
3). das einfache Goldblattelektrometer,
4). *Péclets* Goldblattelektrometer,
5). *Henleys* Quadrantenelektrometer,
(s. die Erkl. 468, 472 und 474),
6). *Augusts* Elektrometer,
7). *Simons* Elektrometer,
8). *le Roi* und *d'Arcys* schwimmendes Elektrometer,
(s. Erkl. 469),
9). *Coulombs* Torsionswage,
10). *Dellmanns* (von *Kohlrausch* verbesserter) Elektrometer,
11). *Thomsons* Quadrantenelektrometer,
(s. Erkl. 470),
12). *Kohlrauschs* Sinuselektrometer,
13). *Peltiers* Elektrometer,
14). *Oersteds* Elektrometer,
(s. Erkl. 471).

Erkl. 468. Mittels der nebenstehend unter 1). bis 5). erwähnten Elektrometer wird die Intensität der Abstossung (siehe Erkl. 465) durch die Entfernung der abgestossenen Elektricität gemessen (siehe die Erkl. 472 u. 474).

Erkl. 469. Mittels der nebenstehend unter 6). bis 8). erwähnten Elektrometer wird die Intensität der Abstossung (siehe Erkl. 465) durch die Schwerkraft, bezw. direkt durch Gewichte gemessen.

Erkl. 470. Mittels der nebenstehend unter 9). bis 11). erwähnten Elektrometer wird die Intensität der Abstossung (siehe Erkl. 465) durch die Torsionskraft eines tordierten Fadens gemessen.

Erkl. 471. Mittels der nebenstehend unter 12). bis 14). erwähnten Elektrometer wird die Intensität der Abstossung (siehe Erkl. 465) durch die magnetische Direktionskraft gemessen.

Erkl. 472. Die nebenstehend unter 1). und 2). erwähnten Elektrometer sind bereits im vorigen Abschnitt unter den Elektroskopen beschrieben.

Erkl. 473. Jedes der nebenstehend erwähnten Elektrometer kann, ausgenommen des unter 8). erwähnten schwimmenden Elektrometers, als Elektroskop benutzt werden (siehe Erkl. 467).

Erkl. 474. Die nebenstehend unter 1). bis 5). erwähnten Elektrometer sind nichts anderes als Elektroskope, welche mit Gradeinteilungen versehen sind, die für ein jedes derartige Instrument durch Versuche besonders festgestellt werden müssen und an welchen man die Grösse der Divergenz der elektrischen Pendel, bezw.

die Grösse der Entfernung der abgestossenen Elektricitäten ablesen kann.

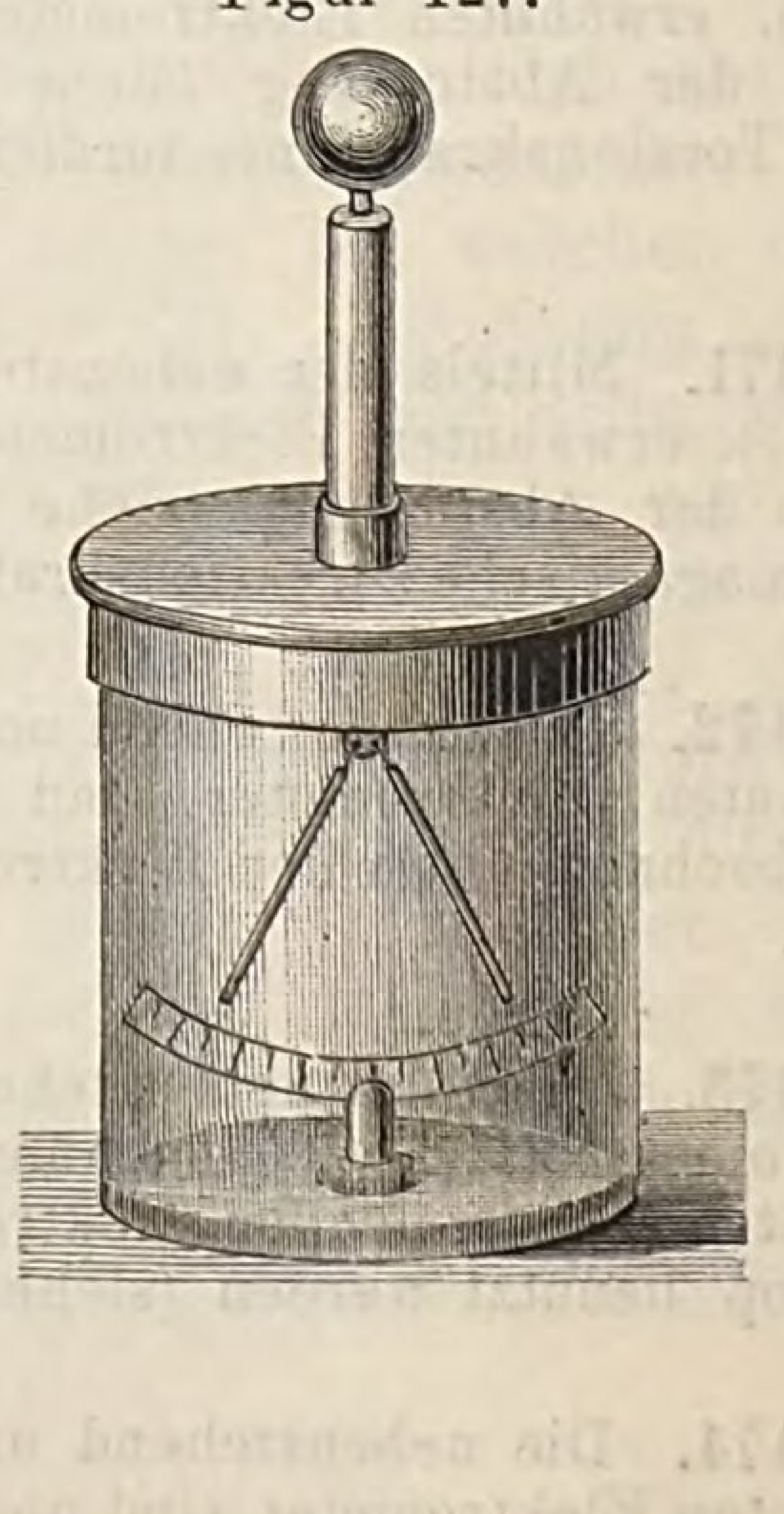
Da jedoch die Grössen der Divergenzen durchaus nicht proportional den elektrischen Ladungen sind, und da oft mit solchen Instrumenten noch nicht einmal die Zu- oder Abnahme der elektrischen Ladung bestimmt werden kann, indem die zu beobachtende Divergenz eine elektrische Wirkung ist, die von der Elektricitäts e r r e g u n g (siehe Erkl. 475) selbst in unberechenbarer Weise abhängig ist, so sind diese Instrumente nicht geeignet, ein Mass der Elektricitätserregung, bezw. der Elektricitätsmengen zu geben.

Diese Instrumente können also in keiner Weise dazu dienen, irgend welche Messungen vorzunehmen; sie dienen meist nur dazu, um bei gröberen Experimenten aus der an der Gradeinteilung zu beobachtenden grösseren oder geringeren Divergenz der Pendel auf eine Vermehrung oder Verminderung der elektrischen Spannung, bezw. der elektrischen Ladung im allgemeinen schliessen zu können.

Frage 180. Worin besteht die Einrichtung eines gewöhnlichen Goldblattelektrometers?

Antwort. Das gewöhnliche Goldblattelektrometer ist ein Goldblattelektroskop, in welchem, wie Figur 127 zeigt, ein Gradbogen angebracht ist, an dem man die Grösse der Divergenz der Goldblättchen ablesen kann (siehe die Erkl. 474 und 475).

Figur 127.



Erkl. 475. Bringt man einen geriebenen Glas- oder Ebonitstab an den Knopf eines Goldblattelektrometers, so ist die Divergenz der Goldblättchen um so grösser, je stärker jener Stab gerieben wurde und je rascher man ihn an das Elektrometer brachte.

Bringt man den auf ganz gleiche Weise geriebenen Stab an ein andres Elektrometer, so ist die Divergenz eine andre als an jenem ersten Elektrometer.

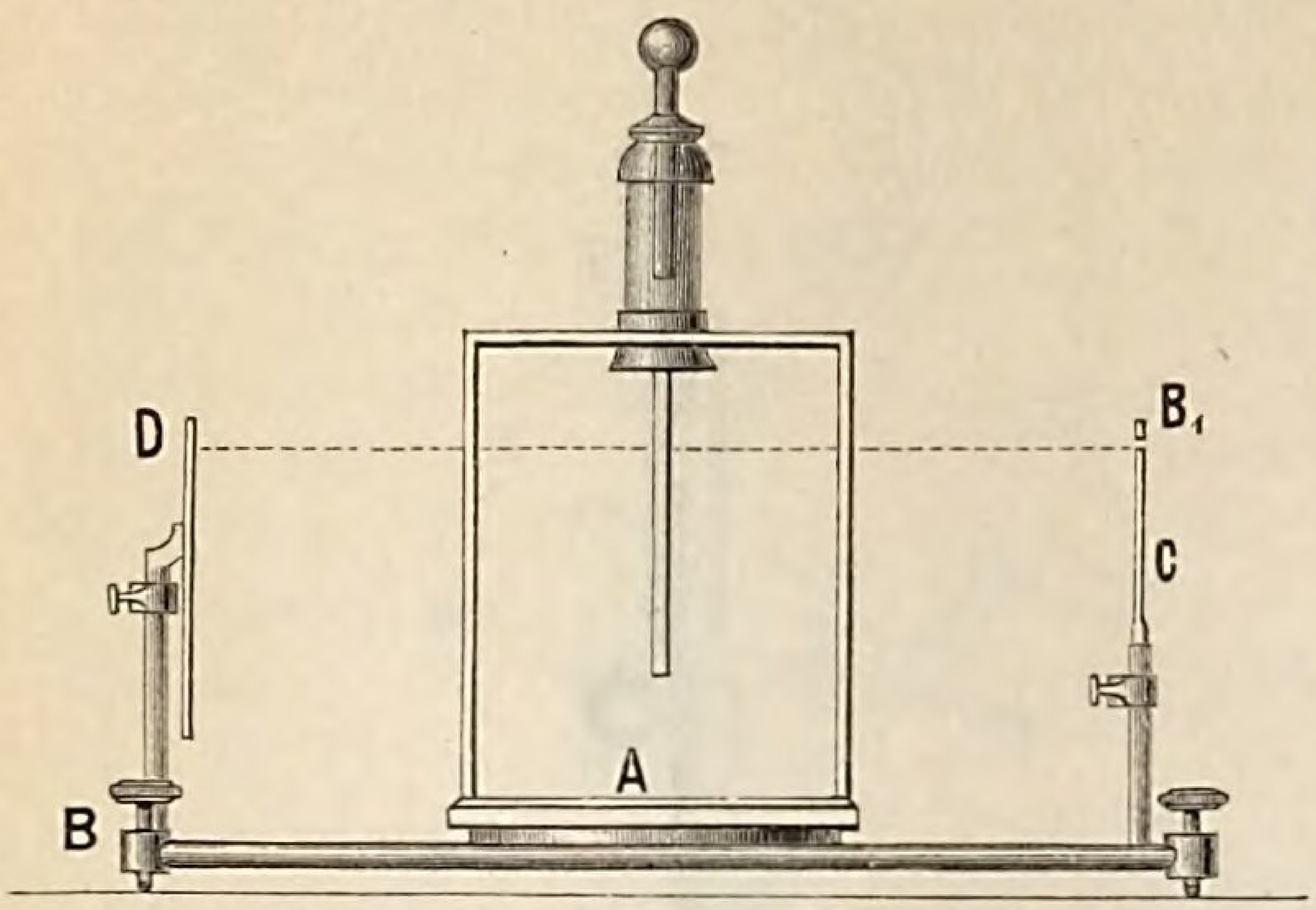
Wählt man einen grösseren oder kleineren Stab und reibt ihn abermals auf ganz gleiche Weise, so erhält man wiederum andre Divergenzen (siehe die Erkl. 474).

Frage 181. Worin besteht die Einrichtung von *Péclets* Goldblattelektrometer?

Antwort. Die Einrichtung von *Péclets* Goldblattelektrometer, siehe Figur 128, besteht in folgendem:

Das Goldblattelektroskop A, dessen

Figur 128.



Goldblättchen an einem durch eine doppelte Glasröhre isolierten Messingdraht befestigt sind, steht in dem rechteckigen Glaskasten BB_1. Dieser Glaskasten ruht auf einem durch Stellschrauben verstellbaren messingenen Dreifuss. Auf der einen Seite dieses Glaskastens ist die mit einer feinen Oeffnung versehene Messingplatte *C* angebracht; an der dieser Seite des Kastens gegenüberstehenden Seite ist die mit einer Gradeinteilung versehene und vertikal verstellbare Kreisscheibe *D* angebracht.

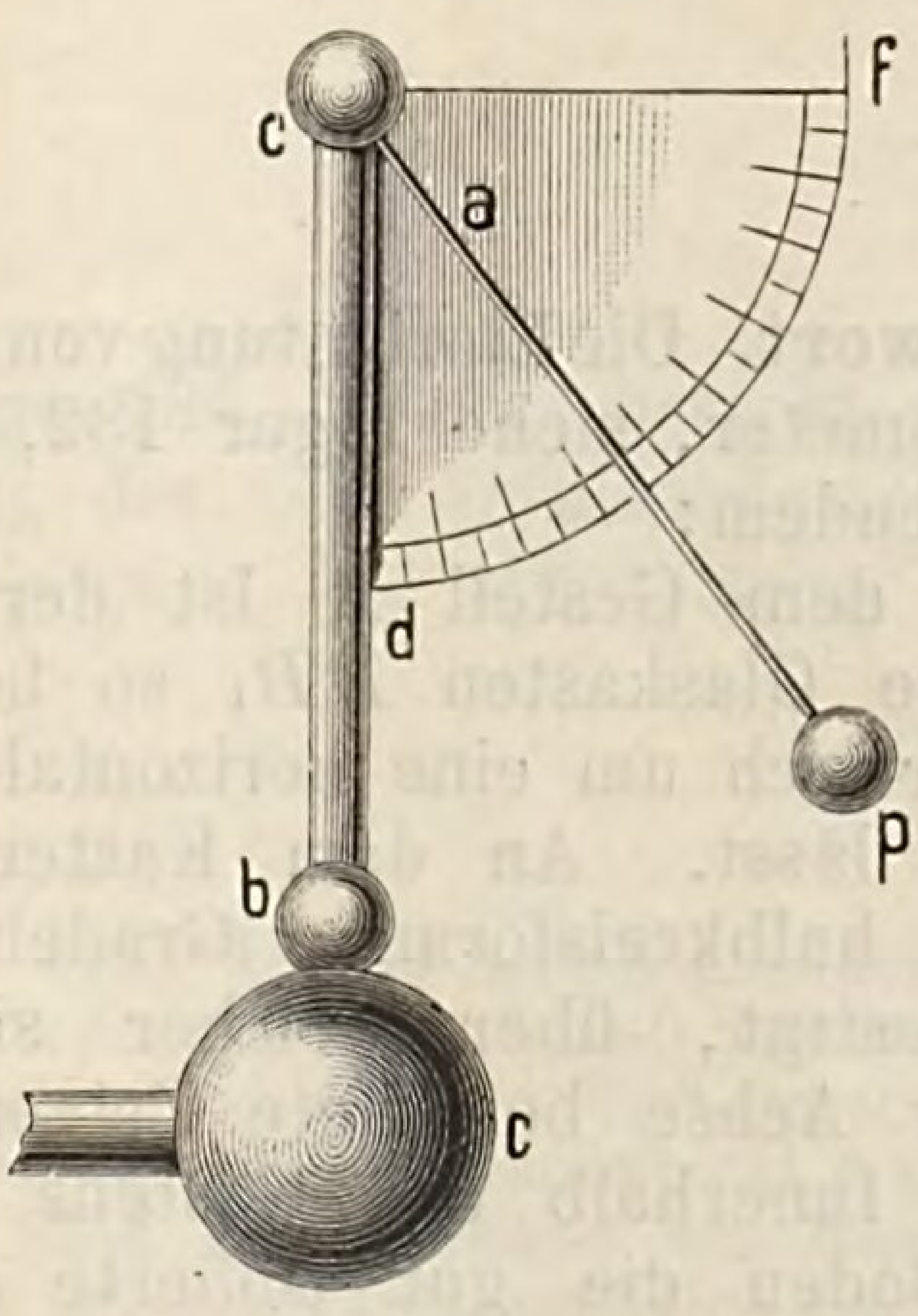
Bei dem Gebrauch wird das Instrument so hergerichtet, dass jene Oeffnung, der Aufhängepunkt der Goldblättchen und der Mittelpunkt der Gradeinteilung in einer auf der Scheibe *D* senkrecht stehenden geraden Linie liegen. Das Auge, welches durch die Oeffnung schaut, kann hiernach die Divergenz der Goldblättchen an der Gradeinteilung auf der Kreisscheibe ablesen.

Frage 182. Worin besteht die Einrichtung und der Gebrauch des Henleyschen Quadrantenelektrometers?

Antwort. Die Einrichtung des Henleyschen Quadrantenelektrometers ist folgende:

An dem Metallstäbchen *bc*, siehe Figur 129, ist der in Grade eingeteilte und aus einer nicht leitenden Substanz (aus Elfenbein oder trockenem Holz) bestehende Quadrant *df* angebracht. Vom Mittelpunkt desselben geht, leicht in einem Scharnier beweglich, der Zeiger *cp* (meistens ein mit einem Kügelchen versehener Strohhalm) über diese Gradeinteilung. Der Gebrauch eines solchen Elektrometers besteht darin, dass man denselben so auf einen elektrischen Körper setzt, dass er in leitender Verbindung mit demselben steht. Das Metallstäbchen und der Zeiger werden durch Mitteilung gleichnamig elektrisch, infolgedessen wird der Zeiger abgestossen und zeigt auf irgend eine Stelle der Gradeinteilung. Je grösser die elektrische Spannung in dem elektrischen Körper ist, um so grösser wird der Winkel werden, welchen der Zeiger mit dem Metallstäbchen bildet (siehe die Erkl. 283 und 476 bis 478).

Figur 129.

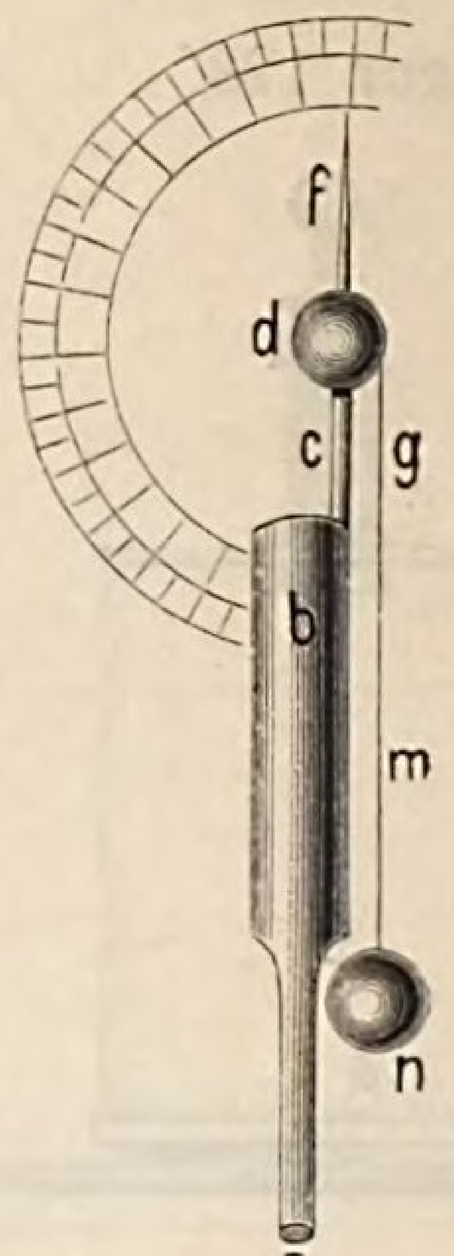


Erkl. 476. Eine etwas andre Einrichtung des Henleyschen Quadrantenelektrometers als die nebenstehend beschriebene ist durch die Fig. 130 dargestellt. Dieselbe besteht in folgendem:

An dem dicken Stäbchen *ab* von Buchsbaumholz, welches auf einen Fuss oder auf

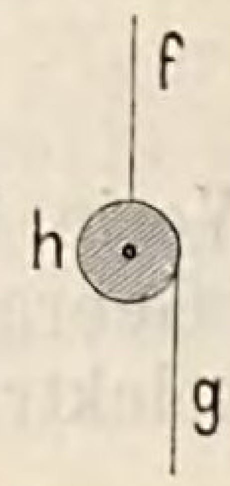
ein Instrument vertikal aufgesteckt werden kann, ist wie die Figur zeigt, ein halbkreisförmiger Ring mit einer Gradeinteilung so angebracht, dass dessen Durchmesser in der Verlängerung der Achse des Stäbchens *ab* liegt. An dem cylindrischen Holzstäbchen *c* ist die mit einem vertikalen Schlitz versehene Kugel *d* angebracht. In dem Schlitz dieser Kugel bewegt sich in einem horizontalen Stift die mit ihr konzentrische Elfenbeinplatte *h*, siehe die Detailfigur 131, welche mit den Spitzen *f* und *g* versehen ist. Auf der Spitze *f* ist ein sehr feines Glasröhrchen angebracht, welches als Zeiger dient; an der andern Spitze *g* ist der Strohhalm *m* befestigt, welcher die Meerschaumkugel *n* trägt. In der Ruhelage nimmt dieser Doppelpendel eine vertikale Lage ein.

Figur 130.



Erkl. 477. Die in der Erkl. 476 beschriebene Einrichtung des Henleyschen Quadrantenelektrometers wurde durch *Saxtorph* angegeben. Das ursprüngliche Elektrometer von *Henley* bestand im allgemeinen aus einem vertikalen Metallstab, der am unteren Ende einen in derselben Vertikalebene liegenden Gradbogen aus Elfenbein trug und an dessen oberem Ende ein um eine horizontale Achse bewegliches, leichtes Holzstäbchen befestigt war. Diese Einrichtung hatte den Nachteil, dass bei dem Gebrauch auch der Gradbogen elektrisch wurde.

Figur 131.



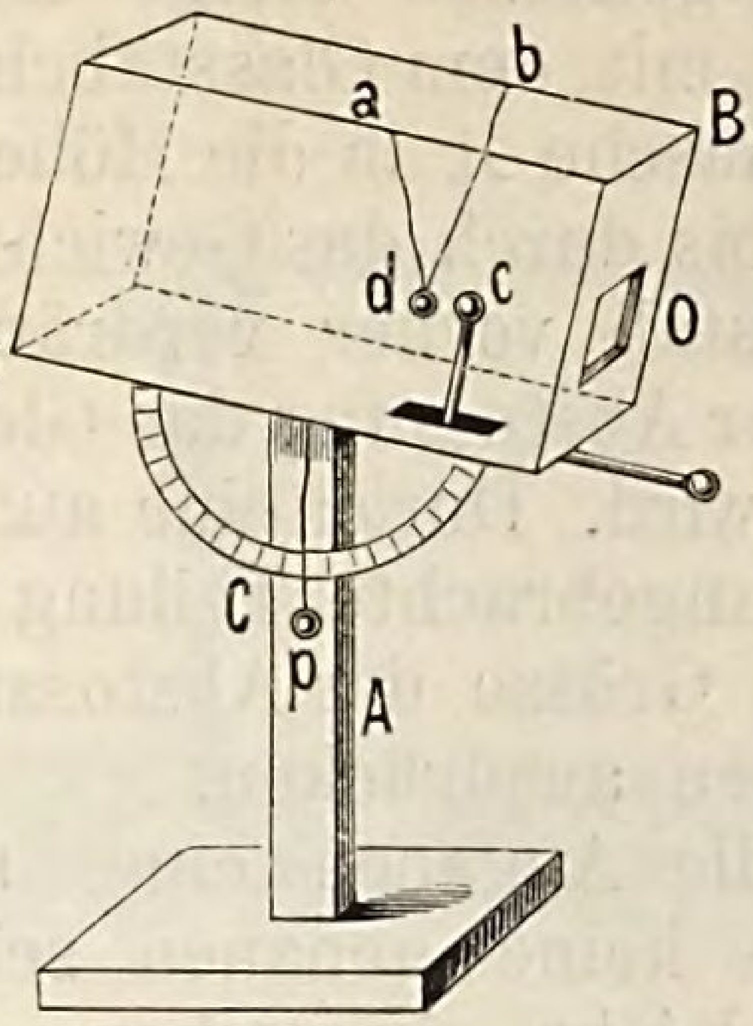
Erkl. 478. Da das Henleysche Quadrantenelektrometer nicht sehr empfindlich ist, so benutzt man es nur bei starken Elektricitätsanhäufungen, so z. B., wie schon früher erwähnt, um die Ladung des Konduktors einer Elektrisiermaschine oder die Ladung der inneren Belegungen einer elektrischen Flasche oder Batterie beurteilen zu können. Genaue Messungen gestattet dasselbe nicht.

Frage 183. Worin besteht die Einrichtung und der Gebrauch von *Augusts* Elektrometer?

Antwort. Die Einrichtung von *Augusts* Elektrometer, siehe Figur 132, besteht in folgendem:

Auf dem Gestell *A* ist der rechtwinklige Glaskasten BB_1 so befestigt, dass er sich um eine horizontale Achse drehen lässt. An dem Kasten selbst ist die halbkreisförmige Gradeinteilung *C* befestigt, über welcher sich der an der Achse befestigte Zeiger *p* bewegt. Innerhalb des Kastens ist auf dem Boden die gut isolierte und in einem Schlitz verschiebbare Standkugel *c* angebracht und daselbst mittels der Coconfäden *a* und *b* die vergoldete Holundermarkkugel *d* aufgehängt. An der einen Wandung des Glaskastens befindet sich die Oeffnung *O*.

Figur 132.



Vor dem Gebrauch wird der Kasten horizontal gestellt, dann wird der Standkugel *c* eine bestimmte Entfernung von der Kugel *d* gegeben, die Kugel *d* elektrisiert und der Kugel *c* die zu messende gleichartige Elektricität mitgeteilt. Die Folge hiervon wird sein, dass sich die Kugeln *c* und *d* abstossen.

Dreht man alsdann den Kasten BB_1 um seine horizontale Achse so weit, bis die Entfernung der beiden Kugeln wieder gleich der ursprünglichen Entfernung ist und berücksichtigt man, dass die Grösse des Winkels, um welchen sich der elektrische Pendel *d* aus seiner vertikalen Lage, bezw. aus der Richtung der Schwerkraft entfernt hat, durch den Winkel gemessen werden kann, welchen der Zeiger *p* jetzt mit der Marke *C* bildet, und dass die in dieser Lage des elektrischen Pendels auf ihn wirkende Schwerkraft gleich der Abstossung der in den Kugeln *c* und *d* befindlichen Elektricitätsmengen sein muss, so kann man hieraus auf die Stärke der Abstossung jener Elektricitätsmengen schliessen, oder man kann, wenn man die Kugeln *c* und *d* mit andern Elektricitätsmengen ladet und auch dann den Ausschlagswinkel beobachtet, eine vergleichende Messung der bei beiden Experimenten zur Verwendung gekommenen Elektricitätsmengen vornehmen.

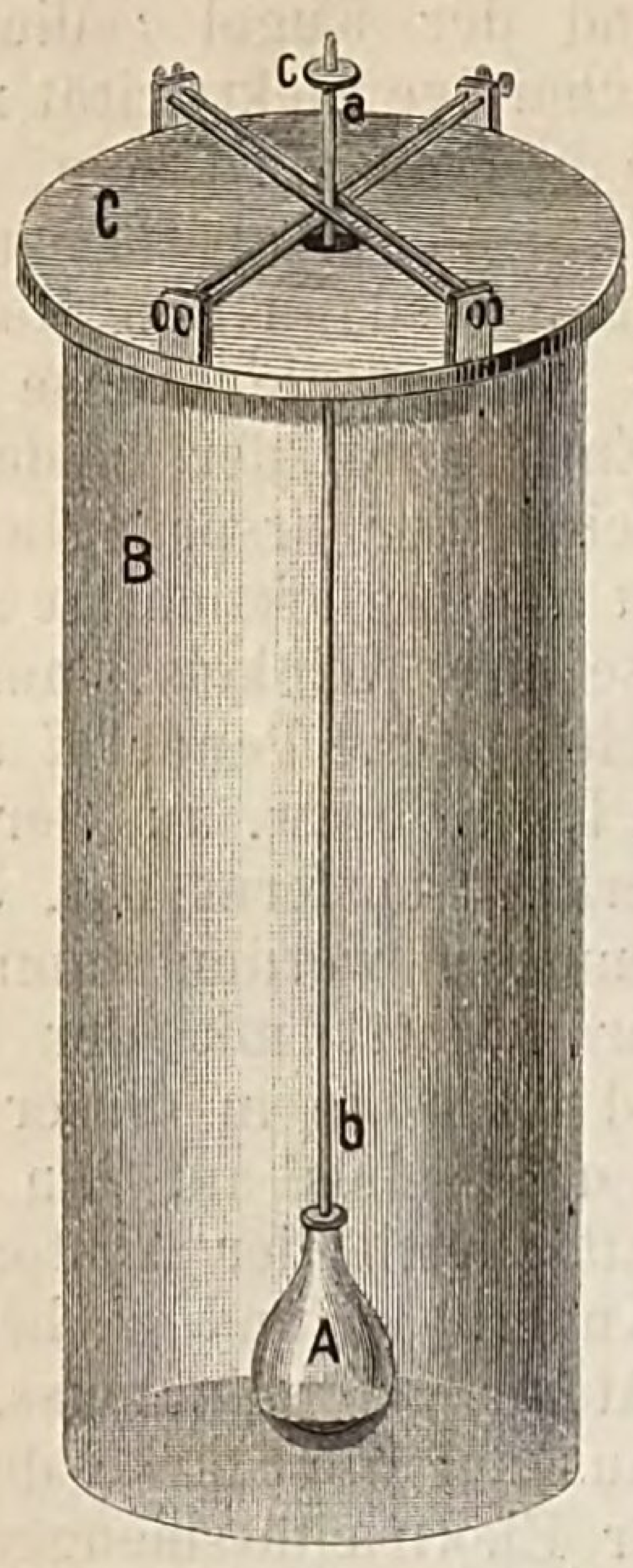
Frage 184. Worin besteht die Einrichtung des s c h w i m m e n d e n Elektrometers von *le Roi* und *d'Arcy?*

Erkl. 479. Das in nebenstehender Antwort beschriebene Instrument erhielt eine bedeutende, jedoch sehr komplizierte Verbesserung durch *Snow Harris* (siehe Philosophical transactions 1834). Nach den Angaben von *Riess* jedoch hat auch dieses Instrument keine genügend genauen Resultate ergeben.

Antwort. Die Einrichtung des schwimmenden Elektrometers von *le Roi* und *d'Arcy*, siehe Figur 133, besteht in folgendem:

Durch den Hals der gut verschlossenen Glasflasche *A*, welche so mit Quecksilber gefüllt ist, dass sie in dem mit Wasser oder Oel gefüllten Glasgefäss *B* gerade untersinkt und den Boden des Gefässes *B* fast berührt, geht der Glasstab *ab*, welcher die verschiebbare Messingscheibe *c* trägt. Die Flasche *A* wird in ihrer vertikalen Lage dadurch gehalten, dass über den Metalldeckel *C* des Glasgefässes *B* kreuzweise Drähte gespannt sind, durch welche der

Figur 133.



Glasstab *ab*, wie die Figur zeigt, hindurchgeht.

Bei dem Gebrauch wird die Messingscheibe *c* so weit herabgeschoben, dass sie den Metalldeckel *C*, bezw. die kreuzweise gespannten Drähte berührt; wird dann dem Deckel *C* Elektricität mitgeteilt, so wird auch die Messingscheibe *c* gleichnamig elektrisch und abgestossen, infolgedessen steigt die Messingscheibe *c* mit dem Glasstäbchen *ab* und der Glasflasche *A* in die Höhe, und zwar so hoch, bis durch das Gewicht der durch den Glasstab vorher verdrängten Flüssigkeit der Abstossung das Gleichgewicht gehalten wird. Durch eine auf dem Glasstab *ab* angebrachte Teilung kann man somit die Grösse der Abstossung in Gewichtsteilen ausdrücken.

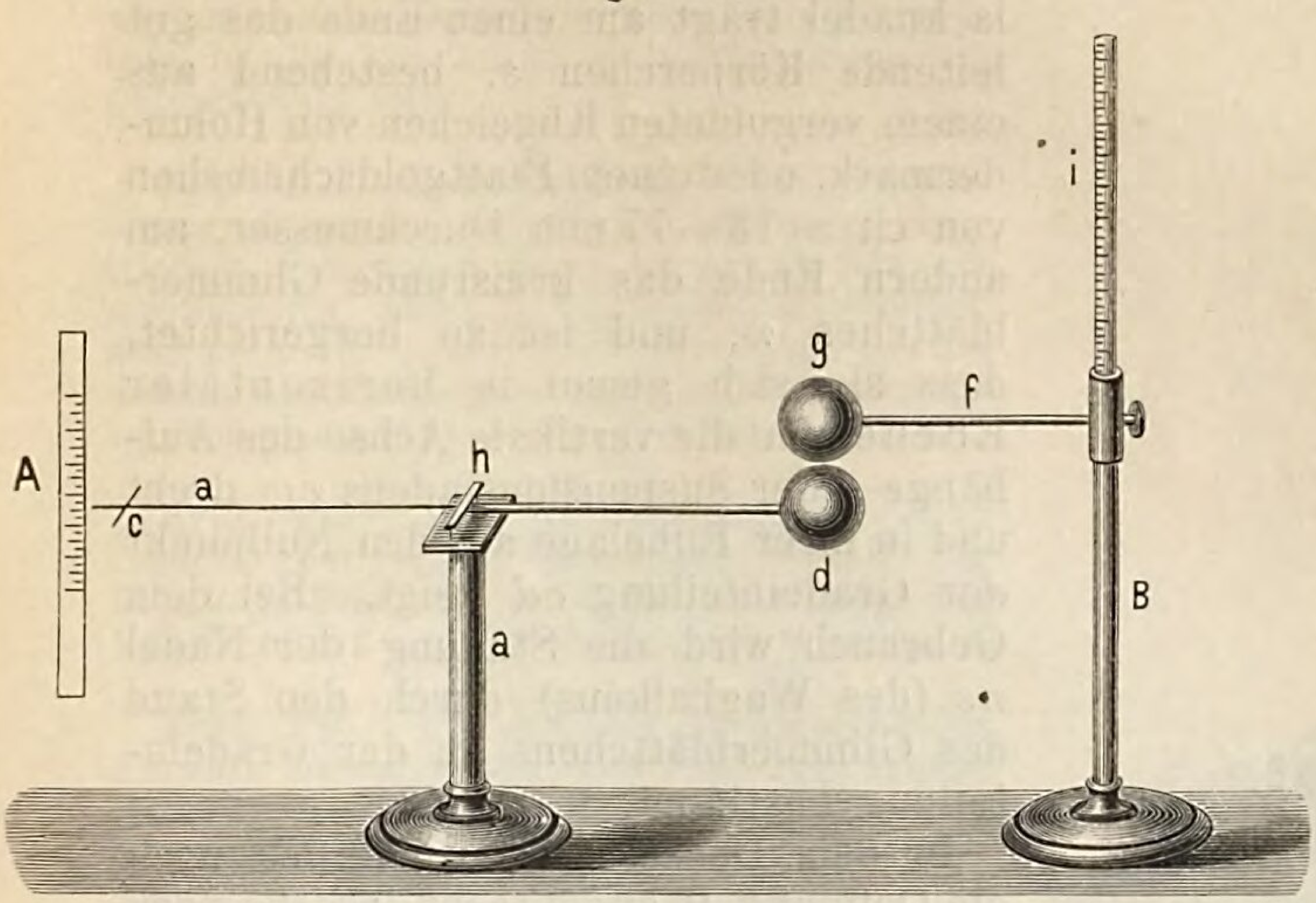
Dass die Angaben eines solchen Instruments keine genauen sein können, ist sehr leicht einzusehen, indem die Elektrisierung des Deckels *C* und der Messingscheibe *c* ziemlich kräftig sein muss, damit die Adhäsion des Wassers und die Reibung des Glasstäbchens *ab* gegen die kreuzweise gespannten Drähte überwunden werden kann, durch eine starke Elektrisierung aber elektrische Einwirkungen auf den Glasstab *ab* stattfinden (siehe Erkl. 479).

Frage 185. Worin besteht die Einrichtung von *Simons* Elektrometer?

Antwort. Die Einrichtung von *Simons* Elektrometer, siehe Figur 134, besteht in folgendem:

Auf dem Säulchen *a* ist eine glatt polierte Achatplatte befestigt, auf welcher der Wagbalken *ad* mittels zweier feinen Spitzen ruht. Der Wagbalken besteht zur einen Hälfte aus einem Messingdraht, zur andern Hälfte aus einem dünnen Schellackfaden. An dem Messingende ist das feine Stäbchen *c* angebracht, welches zur Aufhängung kleiner Gewichte dient; an dem Schellackende ist die Kork- oder Holundermarkkugel *d* befestigt. In der Mitte des Wagbalkens ist senkrecht zu demselben ein Schellackstäbchen *h* angebracht, welches die Spitzen enthält, mit welchen der Wagbalken auf jener Achatplatte auf-

Figur 134.



sitzt. Dem Metallende a gegenüber steht die vertikale Einteilung A, an welcher der Ausschlag des Wagbalkens ad beobachtet wird. Der Kugel d gegenüber steht die eingeteilte vertikale Metallstange B, an welcher sich die an dem Schellackarm f befestigte und jener Kugel d gleiche Kork- oder Holundermarkkugel g auf- und abschieben lässt.

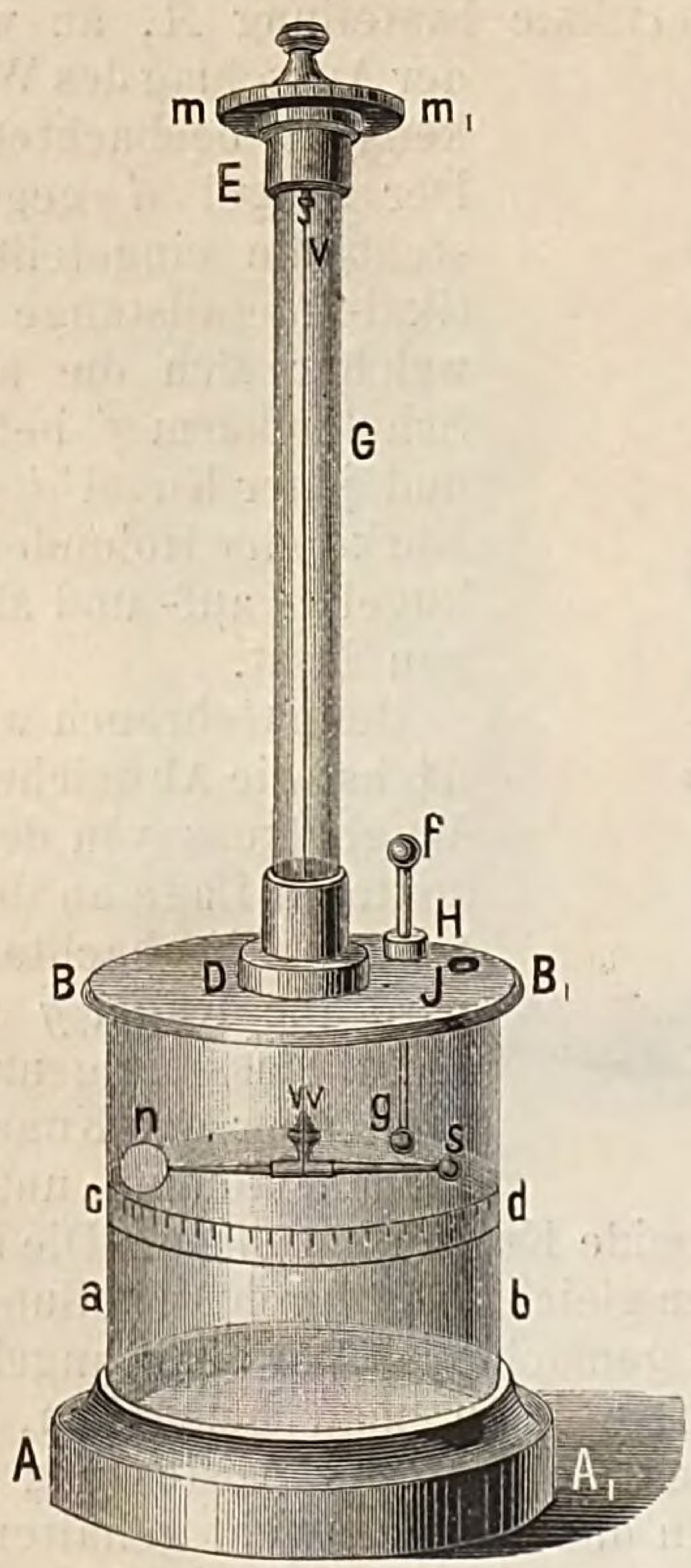
Beim Gebrauch wird zunächst die Abweichung des Wagbalkens von der horizontalen Lage an der Einteilung A beobachtet, dann wird die Kugel g so gestellt, dass sie genau vertikal über der Kugel d zu stehen kommt und dass sich beide Kugeln berühren. Die Kugeln werden gleichzeitig durch Mitteilung elektrisch gemacht. Durch bei c angehängte Gewichte kann man beurteilen, durch welches Gewicht der Abstossung beider Kugeln das Gleichgewicht gehalten wird. Das ganze Instrument ist von einem Glaskasten umschlossen.

Frage 186. Worin besteht die Einrichtung der Coulombschen Torsions- oder Drehwage als Elektrometer?

Antwort. Die Einrichtung der Coulombschen Torsions- oder Drehwage, wie sie als Elektrometer in Anwendung kommt, besteht in folgendem:

In einem Holzfuss AA_1, siehe Figur 135, ruht der cylindrische Glasbehälter ab, der oben durch den gut isolierten Deckel BB_1 geschlossen ist und ungefähr in der Mitte die Gradeinteilung cd trägt. In der Mitte des Deckels BB_1 ist ein kreisrunder Ausschnitt angebracht, über welchem sich der Glascylinder G erhebt. Auf dem Glascylinder G ist der Torsionskreis mm_1 angebracht, an welchem der dünne, elastische Silber-, Messing- oder Kupferdraht vw so befestigt ist, dass er sich in seiner Ruhelage in der Achse des Cylinders G und des Glasbehälters ab befindet und fast bis zur Mitte des Behälters ab reicht. An dem

Figur 135.



Erkl. 480. Die Drehwage ist ein von *Coulomb* erfundener Apparat. Sie dient zu mancherlei magnetischen und elektrischen Messungen. Ursprünglich diente sie fast speziell nur zur Ermittelung der Gesetze der magnetischen und elektrischen Anziehungen und Abstossungen.

Siehe Kleyers Lehrbuch des Magnetismus und den II. Teil dieses Lehrbuchs.

Erkl. 481. Die Coulombsche Drehwage kommt im allgemeinen in zwei verschiedenen Formen zur Anwendung, nämlich in der durch die Figur 135 dargestellten und in nebenstehender Antwort beschriebenen Form, und in der durch die Figur 136 dargestellten Form. Die durch die Figur 135 dargestellte Form ist die zu elektrischen Versuchen geeignetere.

Siehe Kleyers Lehrbuch des Magnetismus.

Erkl. 482. Die spezielle Einrichtung des Torsionskreises mm_1 und die Art der Aufhängung des Drahts *vw* sind durch die Figuren 137 und 138 dargestellt und bereits in Kleyers Lehrbuch des Magnetismus beschrieben.

unteren Ende des Drahts *vw* ist die dünne isolierende Schellacknadel *ns*, der sogen. Wagbalken befestigt. Diese Schellacknadel trägt am einen Ende das gut leitende Körperchen *s*, bestehend aus einem vergoldeten Kügelchen von Holundermark, oder einem Blattgoldscheibchen von circa 13—17 mm Durchmesser, am andern Ende das kreisrunde Glimmerblättchen *n*, und ist so hergerichtet, dass sie sich genau in horizontaler Ebene um die vertikale Achse des Aufhänge- oder Suspensionsfadens *vw* dreht und in ihrer Ruhelage auf den Nullpunkt der Gradeinteilung *cd* zeigt. Bei dem Gebrauch wird die Stellung der Nadel *ns* (des Wagbalkens) durch den Stand des Glimmerblättchens an der Gradeinteilung bestimmt.

In dem Deckel BB_1 ist ferner noch die Oeffnung *H* angebracht, welche dazu dient, das Schellackstäbchen *fg* in das Gefäss *ab* einzuführen. Am unteren Ende trägt dieses Stäbchen das vergoldete Holundermarkkügelchen *g*, welches dem an der Nadel *ns* ganz gleich ist und die Standkugel genannt wird. Die neben der Oeffnung *H* befindliche dritte Oeffnung *J* hat den Zweck, die beiden Kugeln *g* und *s* durch eine in diese Oeffnung einzusteckende isolierte und elektrisierte Kugel gleich stark elektrisch machen zu können.

Erkl. 483. Bei der Torsionswage, welche zu elektrischen Messungen dient, müssen sämtliche Wände gut isolieren, ausserdem muss die Luft im Innern möglichst trocken sein, was man meist dadurch zu erzielen sucht, dass man in die Torsionswage ein Schälchen mit Chlorcalcium stellt.

Erkl. 484. Der Aufhänge- oder Suspensionsdraht bei einer Drehwage, welche zu elektrischen Messungen dient, muss so fein als möglich sein, damit die Torsionskraft desselben sehr klein ist, indem die elektrischen Kräfte, welche bei Messungen mit der Torsionswage zur Verwendung kommen, selbst sehr klein sind.

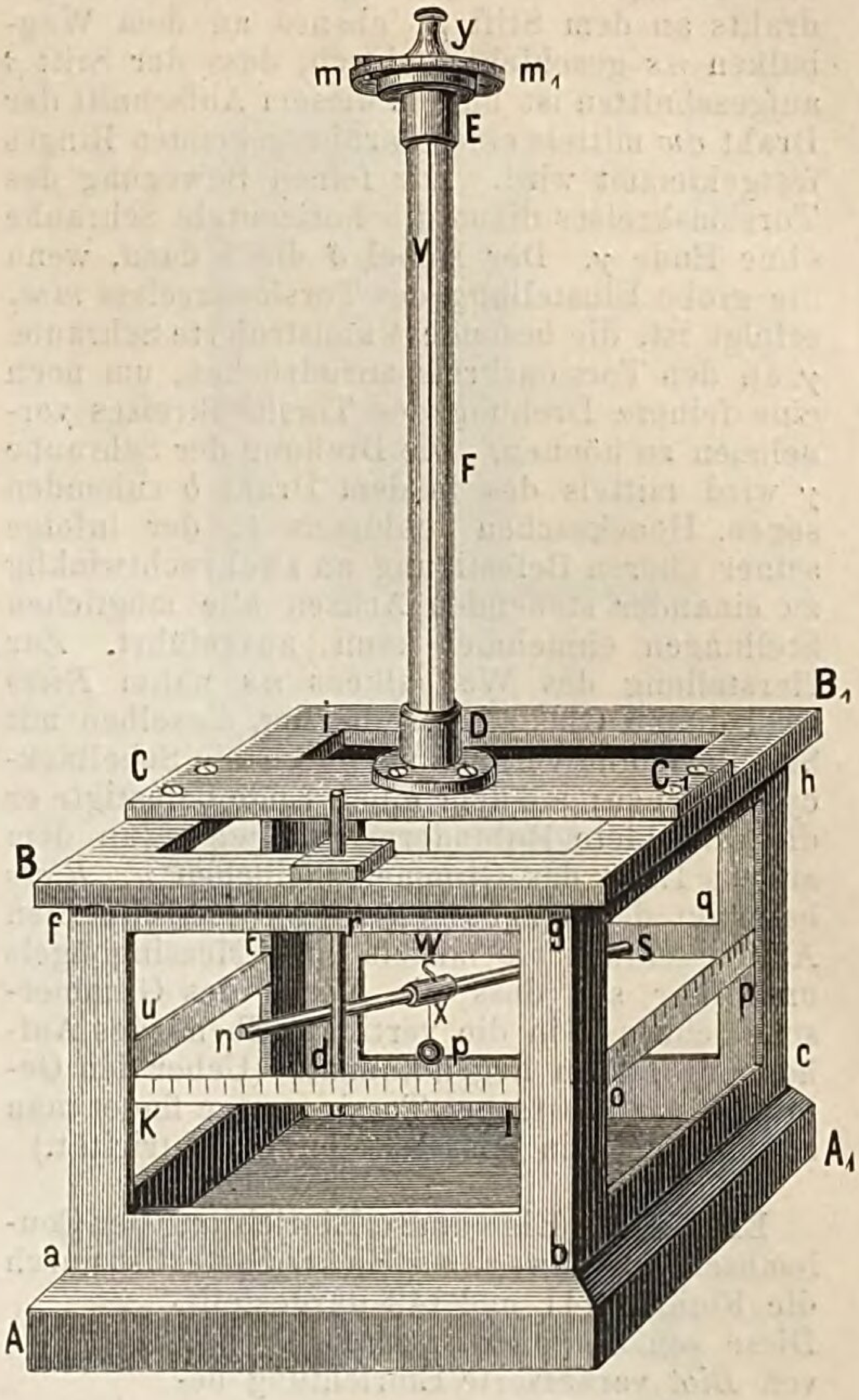
Erkl. 485. Die Aufhängedrähte, welche *Coulomb* bei seinen Messungen mittels der Drehwage benutzte, hatten bei einer Länge von 1 pariser Fuss ein Gewicht von nur $^1/_{16}$ Gramm.

Erkl. 486. Um mit der in vorstehender Antwort beschriebenen Torsionswage genaue Resultate zu erzielen und um mit derselben bequemer experimentieren zu können, hat *Riess* mancherlei Verbesserungen angebracht.

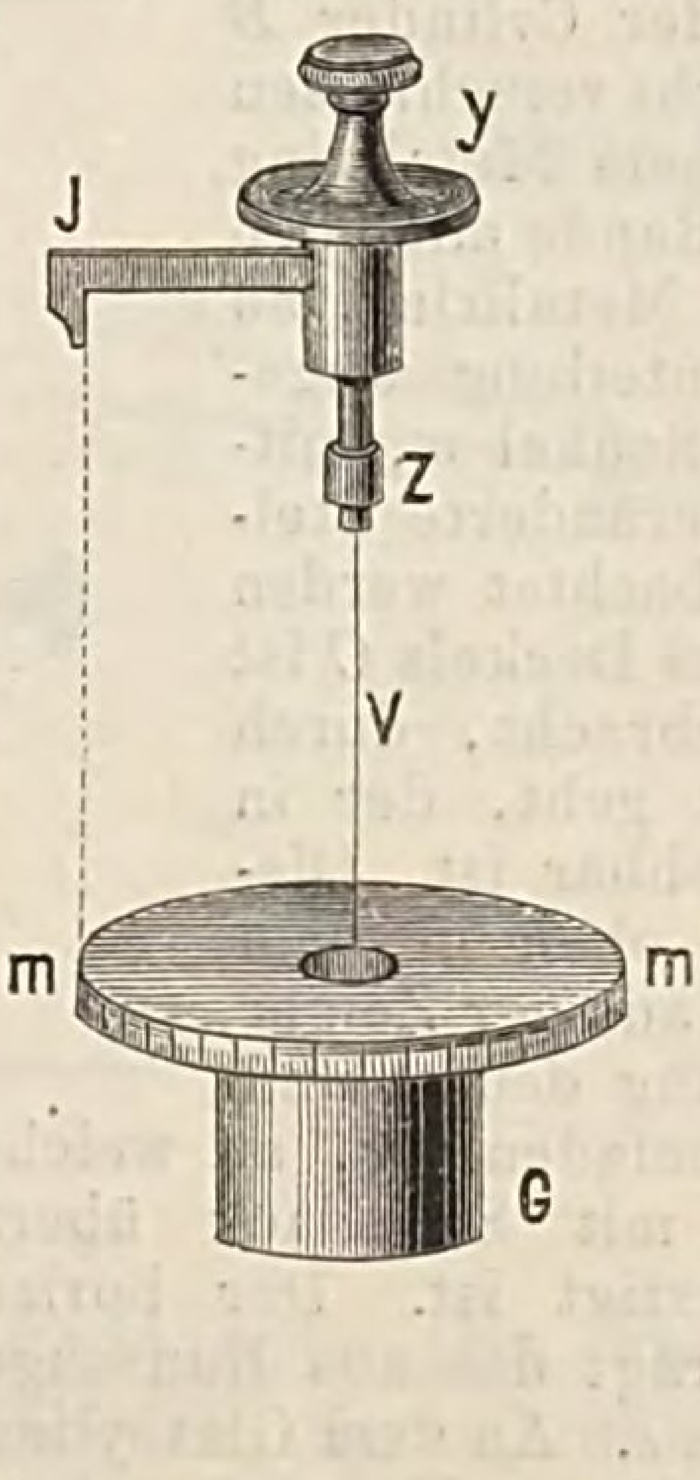
Die von *Riess* verbesserte Torsionswage ist durch die Figur 139 dargestellt. Die Einrichtung derselben besteht in folgendem:

Der Glascylinder A, der gleiche Höhe und Breite hat, ist mittels der Spiegelglasplatte B verschlossen. Der Deckel B hat nur zwei Oeffnungen, eine in der Mitte, über welcher die Glasröhre G steht und welche zur Durchlassung des Suspensionsfadens vw dient, und die seitliche mit Papier bekleidete Oeffnung H, welche zur Einbringung der elektrischen Kugel dient und mit einem kleinen Einschnitt versehen ist, um dem Stiel, an welchem diese Kugel befestigt ist, stets eine und dieselbe Stellung geben zu können. An der Messingfassung a ist ein Zeiger angebracht, welcher auf dem Deckel B liegt und daselbst auf eine Marke zeigt, um sofort zu erkennen, ob sich die Stellung der Glasröhre G, welche sich in der Messingfassung a mit starker Reibung drehen lässt, geändert hat oder nicht. An der Fassung a ist ferner der starke Draht b angebracht. An dem oberen Ende der Röhre G ist die in der Detailfigur 140 besser ersichtliche Messingfassung cc_1 angebracht. Auf der oberen Fläche c_1 dieser Fassung liegt ein Metallring, an dem der aufwärts deutende Zeiger f angebracht ist. Der Zeiger f kann mitsamt jenem Metallring gedreht und durch einen daraufliegenden Ring in jeder beliebigen Lage festgestellt werden. Im Innern der Metallfassung befindet sich ein Metallkegel, auf dessen Basis der Torsionskreis mm_1 festgeschraubt ist. Direkt unter dem Torsionskreis mm_1 liegt eine etwas kleinere Metallscheibe, an der das Schraubzeug q angebracht ist. Das über dem Torsionskreis mm_1 angebrachte Kreuz r, r_1, r_2, r_3 dient zur Drehung des Torsionskreises. An dem Stift β, der durch den Torsionskreis und den denselben tragenden Kegel

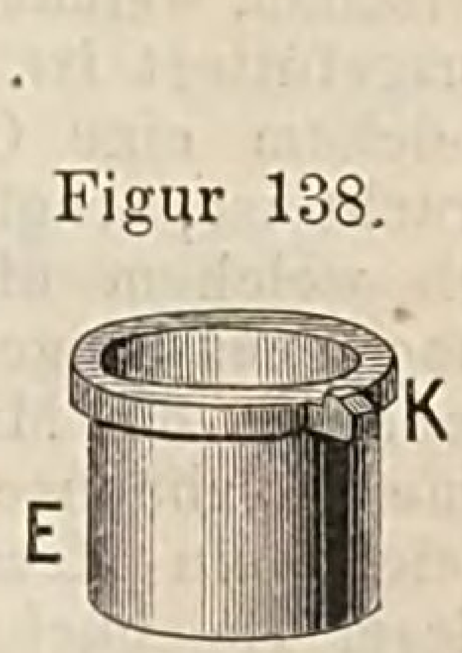
Figur 136.



Figur 137.

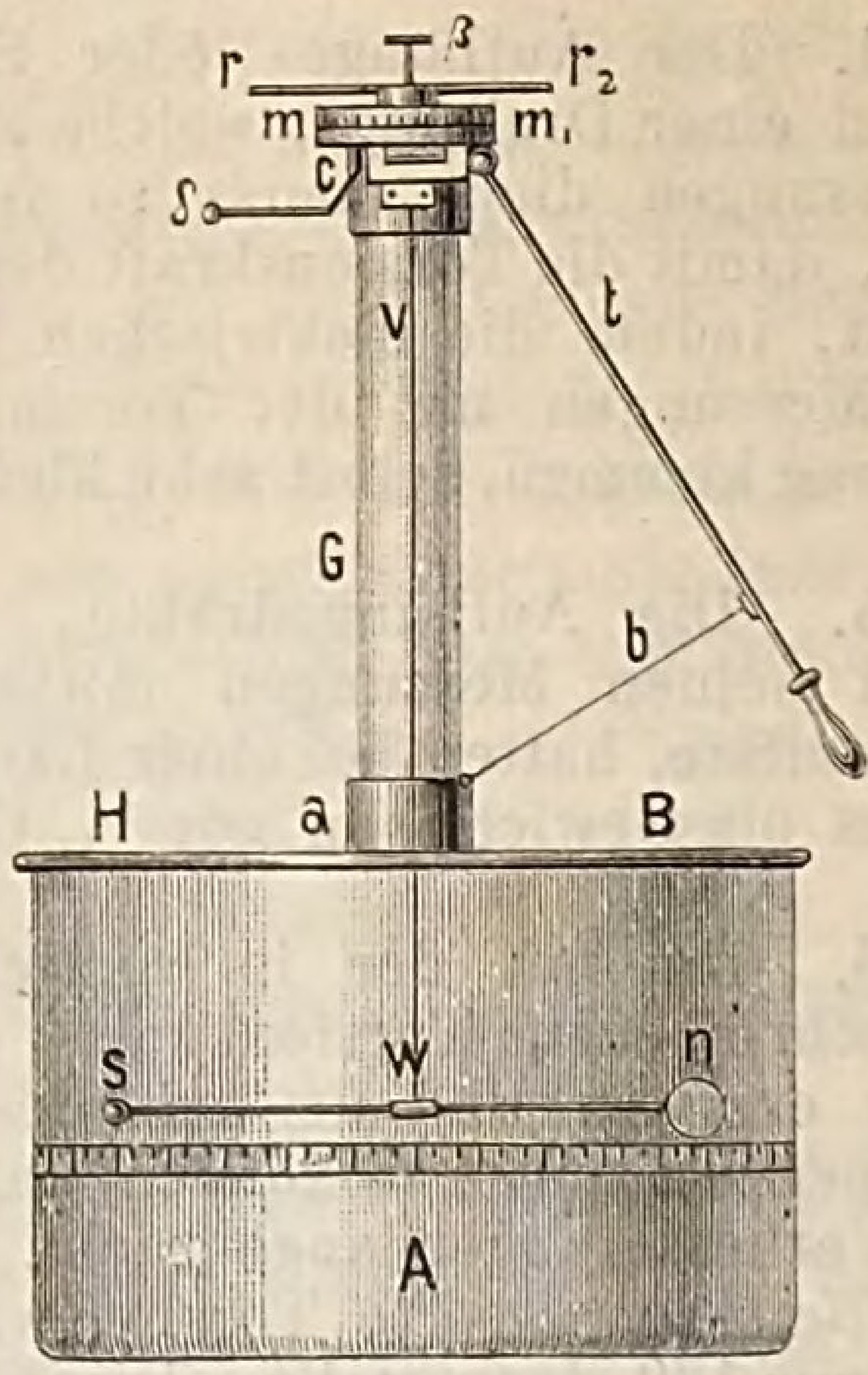


Figur 138.



geht, und der mittels der Klemmschraube α festgestellt werden kann, ist der Aufhängedraht vw befestigt. Die Befestigung des Aufhängedrahts an dem Stift β, ebenso an dem Wagbalken ns geschieht dadurch, dass der Stift β aufgeschnitten ist und in diesem Aufschnitt der Draht vw mittels eines darübergehenden Ringes festgeklemmt wird. Zur feinen Bewegung des Torsionskreises dient die horizontale Schraube ohne Ende γ. Der Hebel δ dient dazu, wenn die grobe Einstellung des Torsionskreises mm_1 erfolgt ist, die besonders konstruierte Schraube γ an den Torsionskreis anzudrücken, um noch eine feinere Drehung des Torsionskreises vornehmen zu können. Die Drehung der Schraube γ wird mittels des in dem Draht b ruhenden sogen. Hoockeschen Schlüssels t, der infolge seiner oberen Befestigung an zwei rechtwinklig zu einander stehenden Achsen alle möglichen Stellungen einnehmen kann, ausgeführt. Zur Herstellung des Wagbalkens ns nahm *Riess* zwei dünne Glasfäden, überzog dieselben mit Schellack und verband sie durch ein Schellackcylinderchen; an dem einen Ende befestigte er die vergoldete Holundermarkkugel s, an dem andern Ende das Glimmerscheibchen n. *Riess* befestigt den Wagbalken ns an dem silbernen Aufhängedraht vw mittels eines Messingbügels und zwar so, dass die Ebene des Glimmerscheibchens n in die vertikale Ebene des Aufhängedrahts zu liegen kommt. (Ueber den Gebrauch der Riessschen Torsionswage findet man ausführliches in Riess' Reibungselektricität.)

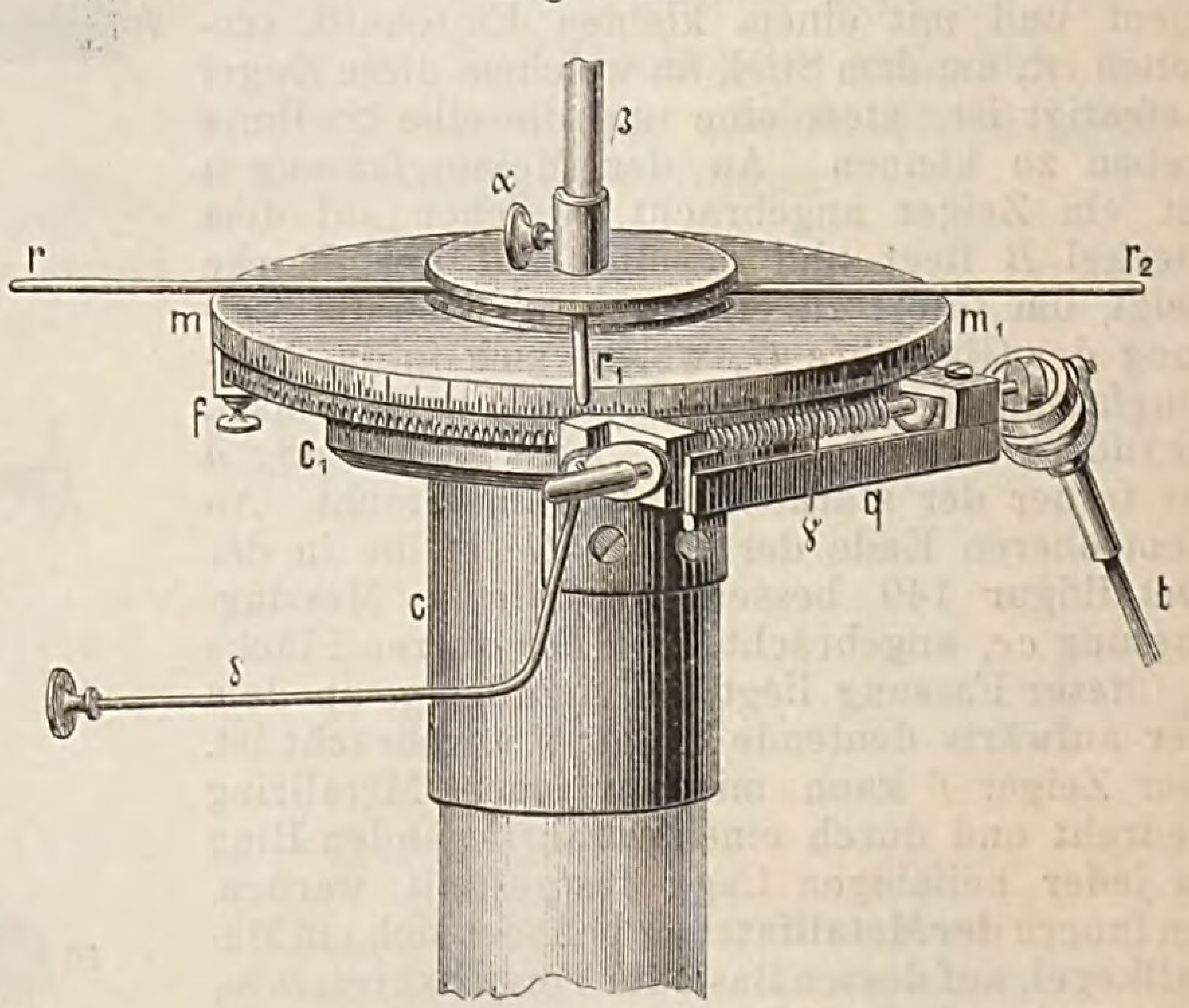
Figur 139.



Erkl. 487. Eine andre Einrichtung der Coulombschen Drehwage als Elektrometer ist durch die Figuren 141 und 142 dargestellt. Diese von *Coulomb* angegebene und von *Biot* verbesserte Einrichtung besteht in folgendem:

Auf dem Holzfuss A ist der mit einem gläsernen Deckel C verschlossene Glascylinder B befestigt. Der Deckel C ist, damit der Cylinder B durch denselben luftdicht verschlossen werden kann, mit einem Metallring versehen, welcher am Rande mit Tuch ausgefüttert ist. Der Metallring, an welchem eine Gradeinteilung angebracht ist, trägt den Senkel m, mittels welchem die unveränderte Stellung jenes Ringes beobachtet werden kann. In der Mitte des Deckels C ist eine Holzbüchse angebracht, durch welche ein Metallstift geht, der in dieser Holzbüchse drehbar ist. Dieser Metallstift endigt oben in dem Knopf y, von welchem aus der Zeiger i auf die Gradeinteilung deutet und trägt unten den Coconfaden vw, an welchem zur Spannung eine mit Schellack überzogene Stecknadel befestigt ist. Der horizontale Schellackfaden trägt das aus Rauschgold bestehende Scheibchen s. An dem Glascylinder B ist die seitliche Oeffnung H angebracht; in

Figur 140.

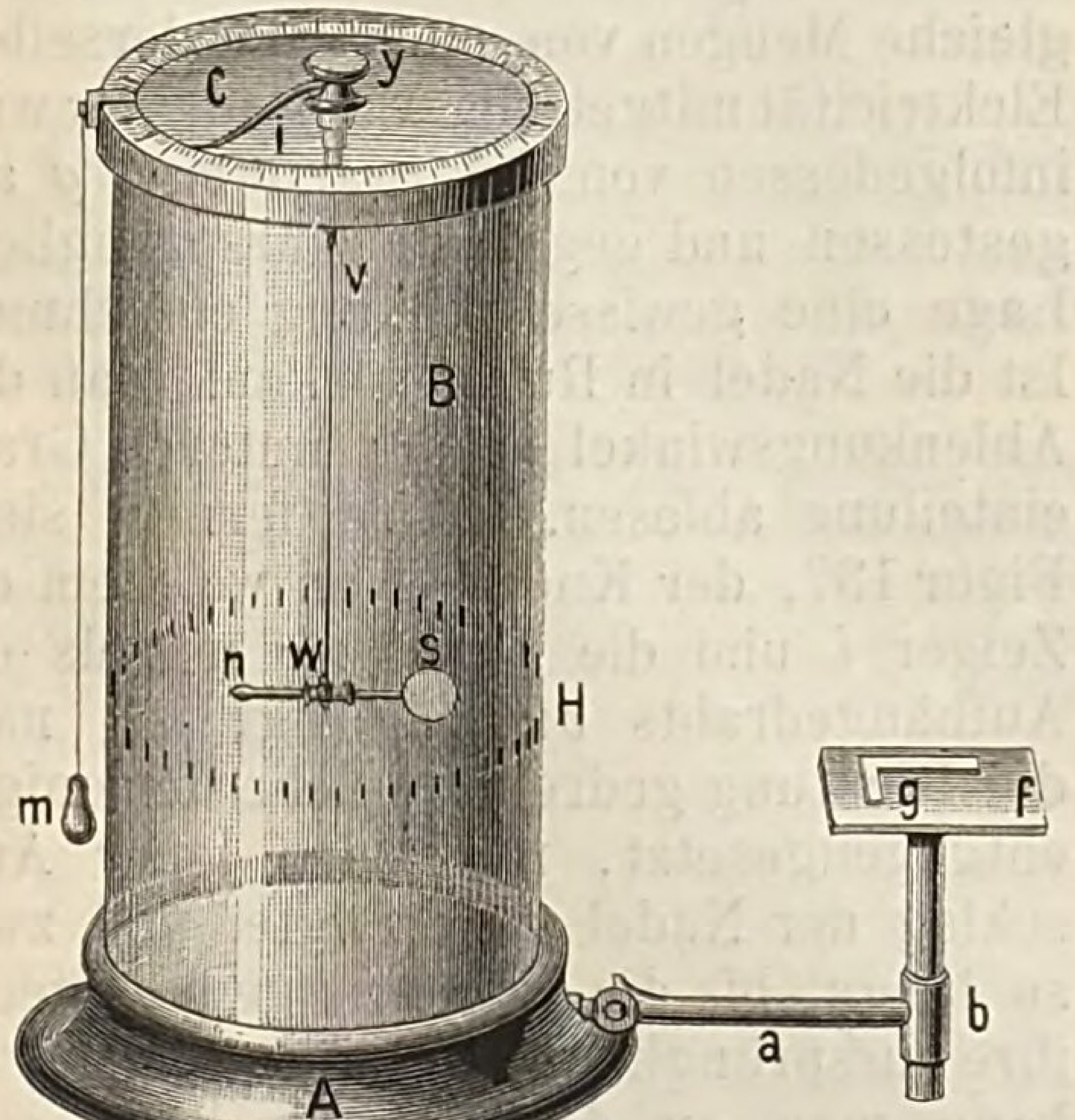


gleicher Höhe ist der Umfang des Cylinders in gleiche Teile geteilt, an welchen man sich die Stellung des Senkels *m* merken kann. An dem Holzfuss *A* ist der in einem Scharnier bewegliche Metallarm *a* befestigt, an welchem die Messinghülse *b* angebracht ist. Die Messinghülse *b* trägt bei der in der Figur 142 dargestellten Lage des Arms *a* eine Glasröhre, in welcher sich isoliert der Zuleitungsdraht befindet. In dieser durch die Figur 142 dargestellten Vorrichtung des Instruments kann das Goldblättchen *s* auf einfache Weise geladen und das Instrument als einfaches Elektroskop benutzt werden. Bei der durch die Figur 141 dargestellten Lage des Arms *a* trägt die Hülse *b* das Holztischchen *f*, auf welchem der Metallwinkel *g* befestigt ist, durch welchen ein für allemal die Lage der mit dem Schellackstab *h* versehenen Metallplatte *q*, siehe Figur 143, fixiert ist. Der Schellackstab *h*, siehe Figur 143, enthält am einen Ende den Metallknopf *t*.

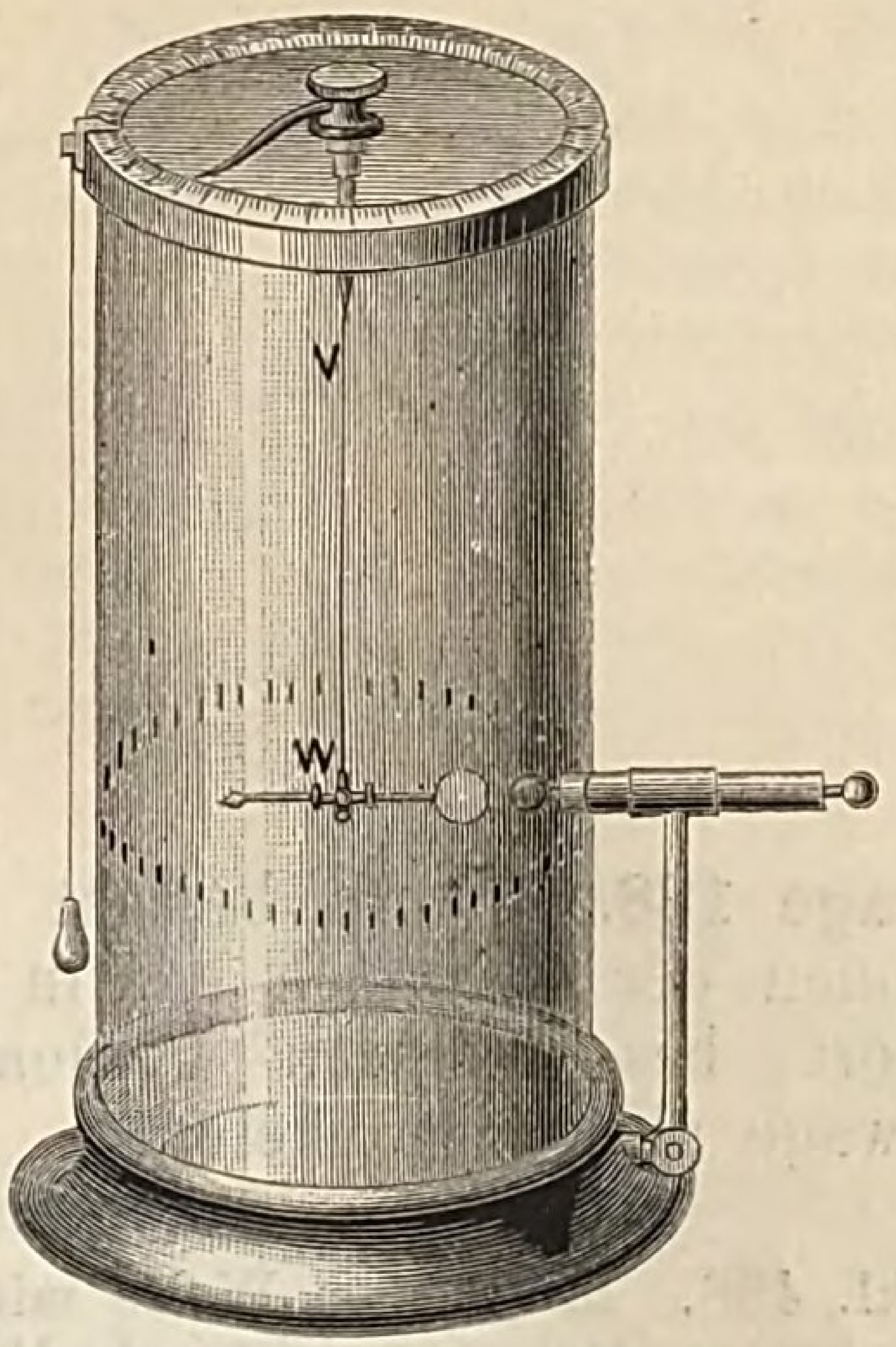
Beim Gebrauch des Instruments als Elektrometer wird das Tischchen *f* so gerichtet, dass die darauf gelegte Metallplatte *q* eine solche Lage hat, dass die Kugel *t* in dem Glascylinder steht und von der Mitte des Rauschgoldscheibchens *s* berührt wird.

Die durch die Figur 144 dargestellte und mit dem Kork *u* versehene Gabel zz_1 dient dazu, beim Transport die Oeffnung *H* mittels des Korks zu schliessen und die Nadel *ns* mittels der Gabel zz_1 festzuhalten.

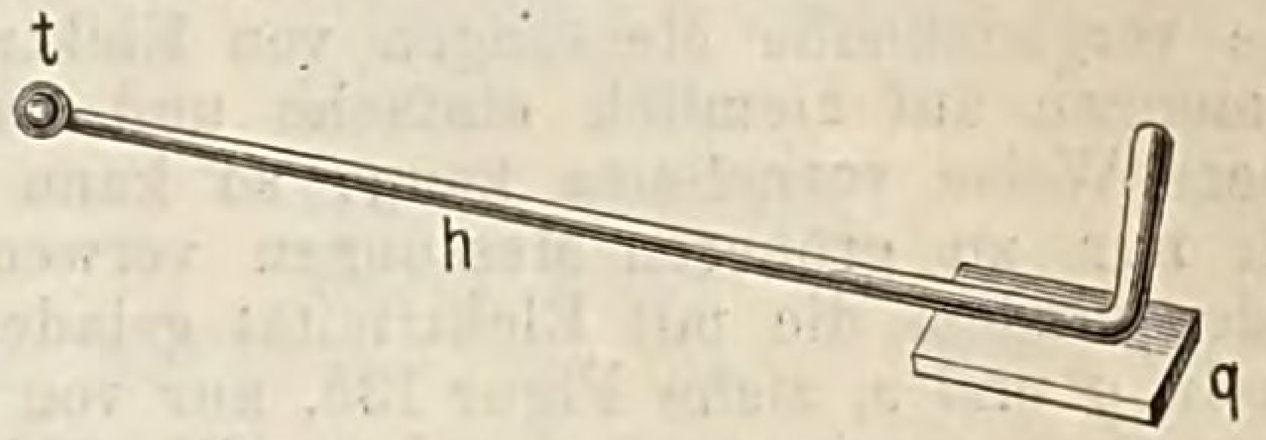
Figur 141.



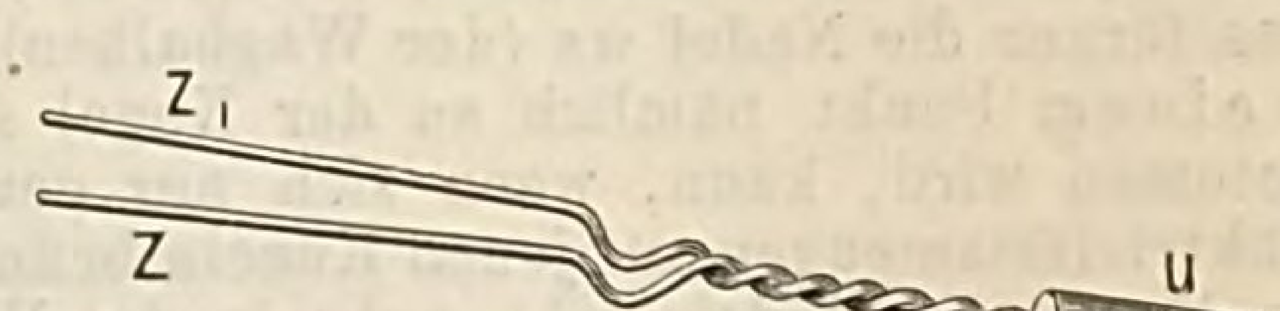
Figur 142.



Figur 143.



Figur 144.



Frage 187. Auf welches mechanische Gesetz gründet sich die Einrichtung und der Gebrauch der Coulombschen Torsions- oder Drehwage?

Antwort. Die Einrichtung sowie der Gebrauch der Coulombschen Torsionswage gründet sich auf das folgende Gesetz:

„Wird ein an einem Ende befestigter elastischer (metallischer) Draht an dem andern Ende um seine Längsachse gedreht (tordiert), so ist die Kraft, mit welcher der Draht seine ursprüngliche Gleichgewichtslage wieder einzunehmen sucht, d. i. die sogen. Torsionskraft, dem Winkel (Drehungs- oder Torsionswinkel) proportional, um welchen er gedreht wurde.“

Dieses Gesetz wurde von *Coulomb* selbst zuerst aufgestellt und ist in der Mechanik unter dem Namen das Torsionsgesetz bekannt.

Frage 188. Worin besteht im allgemeinen der Gebrauch der in voriger Antwort beschriebenen Coulombschen Drehwage als Elektrometer?

Erkl. 488. In welcher Weise mittels der Coulombschen Drehwage elektrische Messungen vorgenommen werden, ist in dem II. Teil dieses Buches gezeigt.

Erkl. 489. Obgleich man, wie später gezeigt wird, mittels der Coulombschen Torsionswage vergleichende Messungen von Elektricitätsmengen auf ziemlich einfache und dabei sichere Weise vornehmen kann, so kann sie doch nur zu gröberen Messungen verwendet werden, indem die mit Elektricität geladenen Kugeln *g* und *s*, siehe Figur 135, nur von geringer Grösse sein dürfen und der Wagbalken selbst aber nicht zu dünn gewählt werden darf, da sonst die durch die Schwingungen oder andre Ursachen hervorgerufenen Luftströmungen ihren Einfluss geltend machen. Dadurch also, dass die sich abstossenden Kugeln sehr klein sind, die Nadel selbst aber nicht zu fein sein darf, und dass ferner die Nadel *ns* (der Wagbalken) nur in einem Punkt, nämlich an der Kugel *s* abgestossen wird, kann, wenn sich nur geringe Elektricitätsmengen auf jenen Kugeln befinden, die Masse der Nadel nicht mehr in der Weise bewegt werden, um bei schwachen Elektricitätsmengen eine genaue Messung zu ermöglichen.

Aus diesem Grunde versuchten *Dellmann*, *Kohlrausch*, *Thomson*, *Peltier*, *Oersted* u. a. nach dem Prinzip der Coulombschen Drehwage empfindlichere Elektrometer zu konstruieren, wie solche später beschrieben sind.

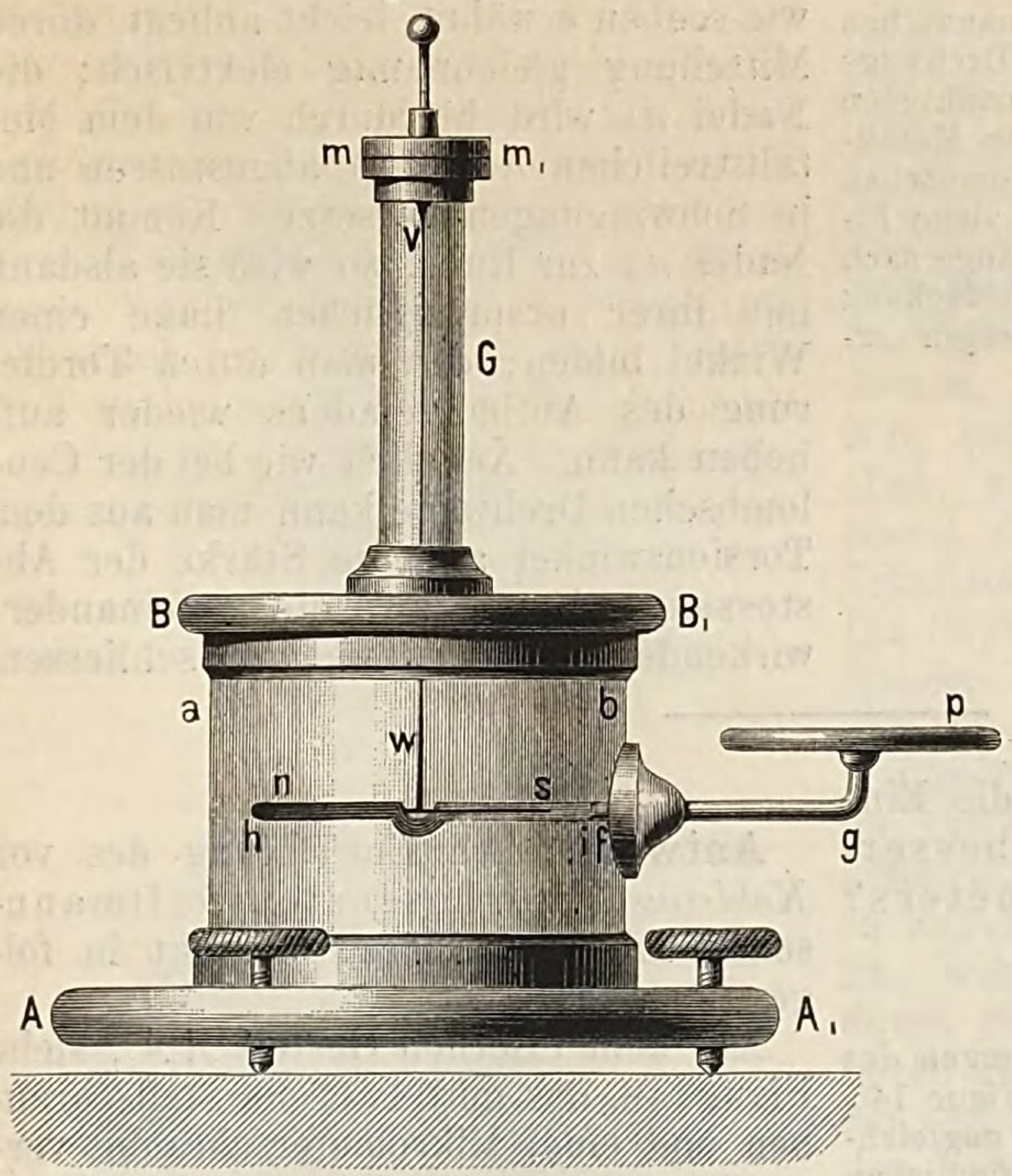
Antwort. Der Gebrauch der in voriger Antw. beschriebenen Coulombschen Drehwage als Elektrometer besteht im allgemeinen in folgendem:

Nachdem der Aufhängedraht so tordiert wurde, dass er ohne Torsion ist, dass nämlich die Nadel *ns* (der Wagbalken) auf den Nullpunkt der unteren Gradeinteilung zeigt, wird in die Oeffnung *J*, siehe Figur 135, eine isolierte elektrisierte Kugel eingeführt und hierdurch den beiden gleichen Holundermarkkugeln gleiche Mengen von einer und derselben Elektricität mitgeteilt. Die Nadel *ns* wird infolgedessen von der Standkugel *g* abgestossen und gegen ihre ursprüngliche Lage eine gewisse Stellung einnehmen. Ist die Nadel in Ruhe, so kann man den Ablenkungswinkel an der unteren Gradeinteilung ablesen. Wird ferner, siehe Figur 137, der Knopf *y*, an welchem der Zeiger *i* und die Nadel *ns* mittels des Aufhängedrahts *vw* befestigt ist, nach der Richtung gedreht, welche derjenigen entgegengesetzt, nach der jener Ausschlag der Nadel *ns* erfolgte, und zwar so lange, bis die Nadel *ns* genau wieder ihre ursprüngliche Lage einnimmt, so kann man an dem Torsionskreis mm_1 den Winkel ablesen, um welchen infolge jener Abstossung das obere Drahtende tordiert wurde.

Frage 189. Worin besteht die Einrichtung des Dellmannschen Elektrometers?

Antwort. Die Einrichtung des Dellmannschen Elektrometers beruht im

Figur 145.



Erkl. 490. Das Dellmannsche Elektrometer ist bedeutend empfindlicher als die Coulombsche Torsionswage. Mittels desselben lassen sich deshalb viel geringere Elektricitätsmengen messen als mit der Torsionswage.

Erkl. 491. Nach dem Dellmannschen Elektrometer wurden mancherlei Instrumente angefertigt; unter diesen ist es besonders das Instrument von *Kohlrausch*, welches für die feinsten Messungen geeignet erscheint (siehe Antwort der Frage 191).

allgemeinen auf dem Prinzip der Coulombschen Drehwage und besteht in folgendem:

In dem Glasgefäss ab, siehe Figur 145, welches in dem mit Stellschrauben versehenen Holzfuss AA_1 ruht und mittels des die Glasröhre G tragenden Deckels BB_1 verschlossen ist, schwebt die feine Metallnadel ns, welche mittels des Glas- oder Coconfadens vw, ähnlich wie bei der Drehwage, an dem Torsionskreis mm_1 befestigt ist. In einer seitlichen Durchbohrung des Glasgefässes ab ist der Messingdraht fg eingekittet, an welchem innerhalb des Gefässes ab der aus Messing- oder Silberblech bestehende Streifen hi und ausserhalb des Gefässes ab die Kondensatorplatte p (welche auch durch eine Metallkugel ersetzt werden kann) angebracht ist. Der Metallstreifen hi, welcher in der vertikalen Ebene des Aufhängefadens vw liegt, ist wie die Figur zeigt, so geformt, dass die Nadel ns zur einen Hälfte auf der linken Seite, zur andern Hälfte auf der rechten Seite dieses Metallstreifens zu stehen kommt.

Frage 190. Worin besteht der Vorgang, nach welchem sich mit dem in voriger Antw. beschriebenen Dellmannschen Elektrometer elektrische Messungen vornehmen lassen?

Antwort. Der Vorgang, nach welchem sich mit dem in voriger Antwort beschriebenen Dellmannschen Elektrometer elektrische Messungen vornehmen lassen, besteht in folgendem:

Ist das Instrument, siehe Figur 145, hergerichtet und der Torsionskreis mm_1 so gestellt, dass die Nadel ns an dem Metallstreifchen hi leicht anliegt, und

wird der Kondensatorplatte *p* eine noch so geringe Menge Elektricität mitgeteilt, so werden die Nadel *ns* und das Metallstreifchen *hi*, an welches die Nadel *ns*, wie soeben erwähnt, leicht anliegt, durch Mitteilung gleichnamig elektrisch; die Nadel *ns* wird hierdurch von dem Metallstreifchen *hi* sofort abgestossen und in Schwingungen versetzt. Kommt die Nadel *ns* zur Ruhe, so wird sie alsdann mit ihrer ursprünglichen Lage einen Winkel bilden, den man durch Tordierung des Aufhängefadens wieder aufheben kann. Aehnlich wie bei der Coulombschen Drehwage kann man aus dem Torsionswinkel auf die Stärke der Abstossung, bezw. auf die aufeinanderwirkenden Elektricitätsmengen schliessen.

Erkl. 492. Der Vorteil des Dellmannschen Elektrometers vor der Coulombschen Drehwage besteht darin, dass sich bei dem Dellmannschen Elektrometer die Nadel *ns* und das Metallstreifchen *hi*, welches bei der Coulombschen Drehwage durch die Standkugel *g*, siehe Figur 135, vertreten ist, ihrer ganzen Länge nach abstossen, wodurch eine stärkere Ablenkung auch bei schwachen Elektricitätsmengen erzielt wird (siehe Erkl. 489).

Frage 191. Worin besteht die Einrichtung des von *Kohlrausch* verbesserten Dellmannschen Elektrometers?

Antwort. Die Einrichtung des von *Kohlrausch* verbesserten Dellmannschen Elektrometers besteht in folgendem:

Auf dem eisernen Gestell AA_1, siehe Figur 146, das mittels dreier Stellschrauben und einer Mikrometerschraube verstellbar ist, ruht das mit doppelter Wandung versehene metallene Gehäus BB_1 (siehe Erkl. 493). Die in der Mitte durchbohrte Glasplatte, welche das Gehäus BB_1 nach oben verschliesst, trägt die mit dem Torsionskreis mm_1 versehene Glasröhre *G*. Durch den mit Nonius und Gradeinteilung versehenen Torsionskreis mm_1 geht der Stahlcylinder *y*, an welchem der Handgriff *g* und der auf die Gradeinteilung des Torsionskreises mm_1 deutende Zeiger *i* angebracht ist. An dem Stahlcylinder *y* ist der Aufhängefaden *vw* befestigt. Der Aufhängefaden *vw* besteht in seinem oberen Teil aus einem Glasfaden, endigt aber unten, wie die Figur 147 im Detail zeigt, in dem Schellackfaden *w*. Am unteren Ende trägt der Aufhängefaden *vw* die sehr feine und leichte silberne Nadel *ns*. Der Aufhängefaden *vw* ist so lang, bezw. so hergerichtet, dass die Nadel *ns* ungefähr in der Mitte des Gehäuses BB_1 schwebt. Unterhalb der Nadel *ns* befindet sich in

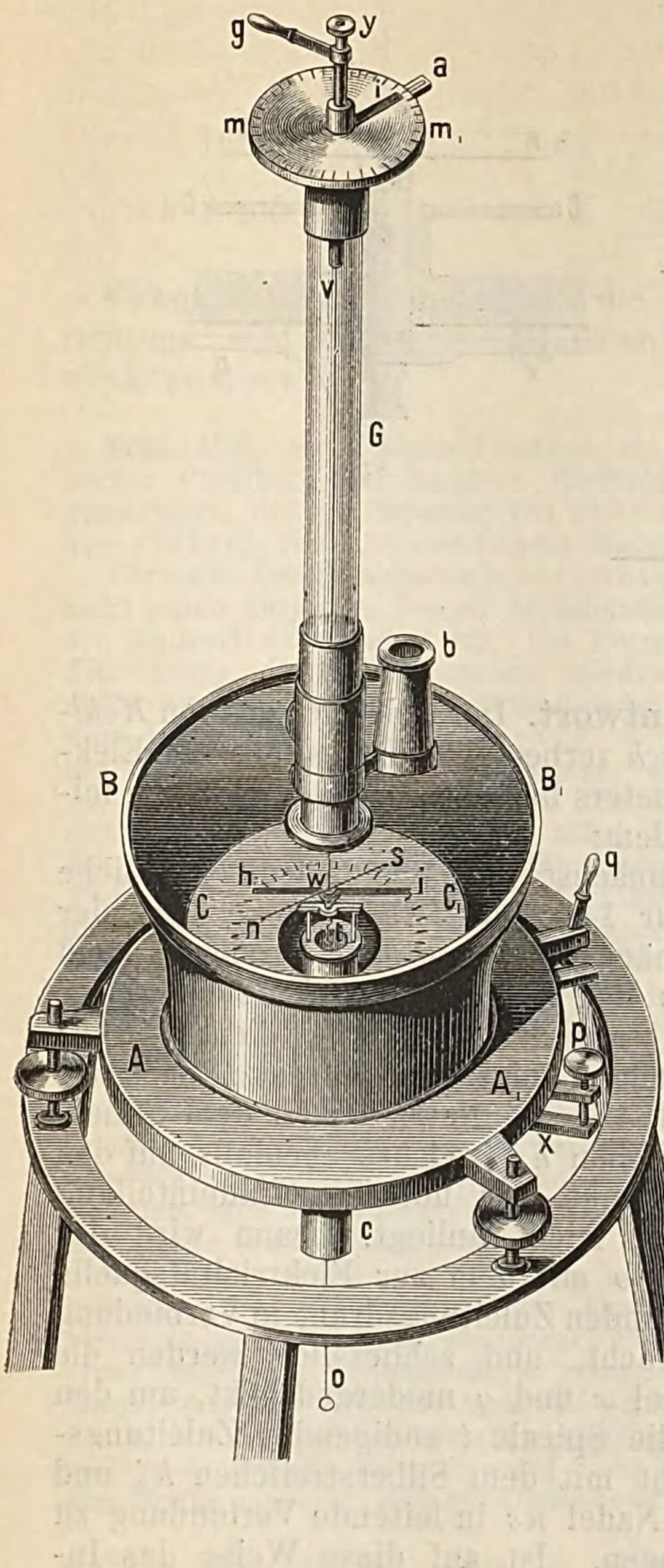
Erkl. 493. Die doppelten Wandungen des Gefässes BB_1 bei dem durch die Figur 146 dargestellten Elektrometer sollen eine ungleichmässige Erwärmung der im Innern befindlichen Luft und eine etwa hierdurch entstehende Luftströmung verhindern.

Erkl. 494. Die Gradeinteilung CC_1 bei dem durch die Figur 146 dargestellten Elektrometer ist gewöhnlich so angebracht, dass das Silberstreifchen *hi* mit seinem Ende *h* auf den Nullpunkt der Gradeinteilung zeigt.

Erkl. 495. Wenn die Nadel *ns* sich ihrer ganzen Länge nach an die beiden Arme des Streifchens *hi* leicht anlegt, so zeigen die Nadel und der Zeiger *i* auf die Nullpunkte der Gradeinteilungen.

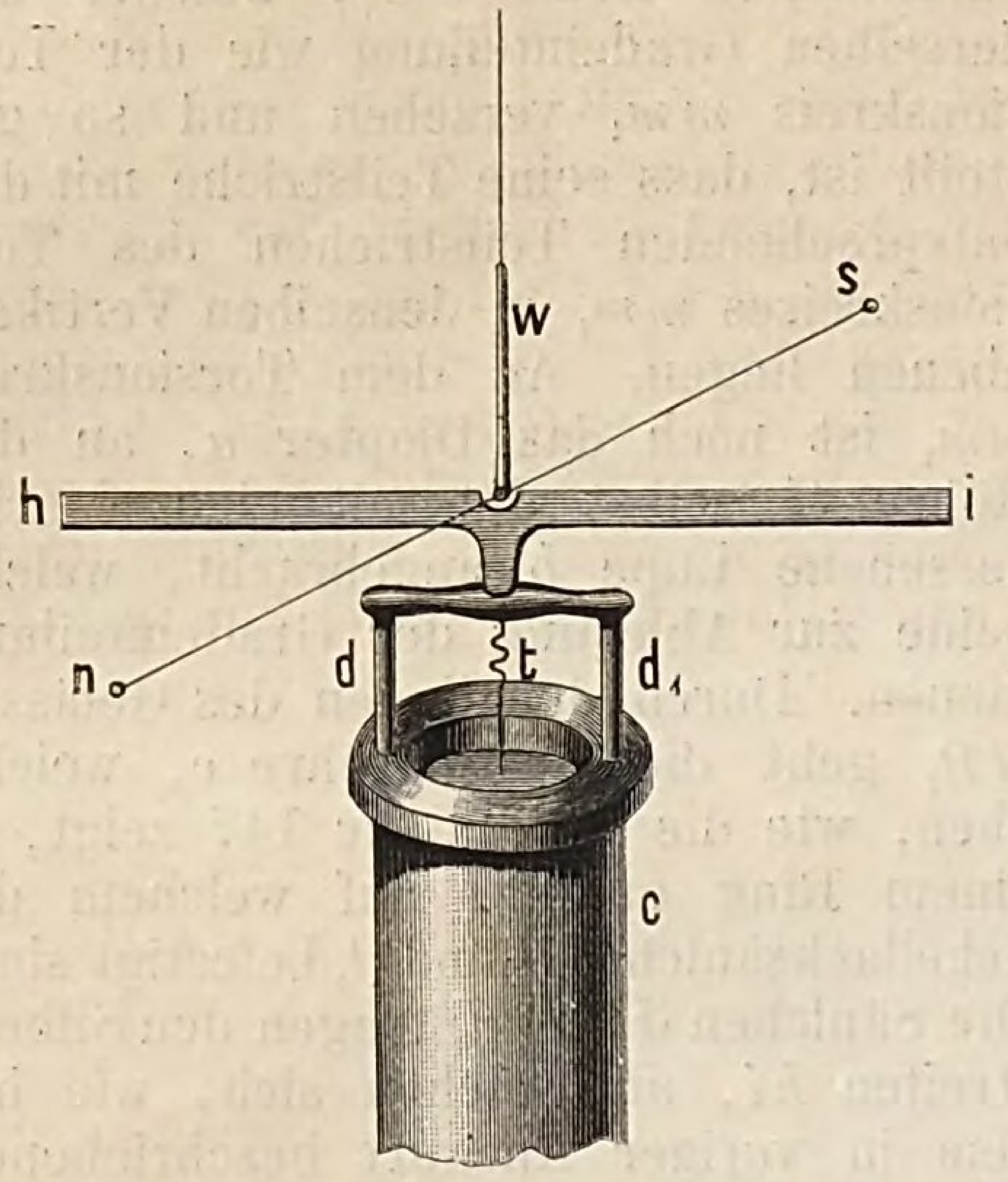
Erkl. 496. Das durch die Figuren 146—148 dargestellte Elektrometer ist ein solches, wie es von dem Mechanikus *Schubert* in Genf (seinerzeit in Marburg) gebaut wird.

Figur 146.



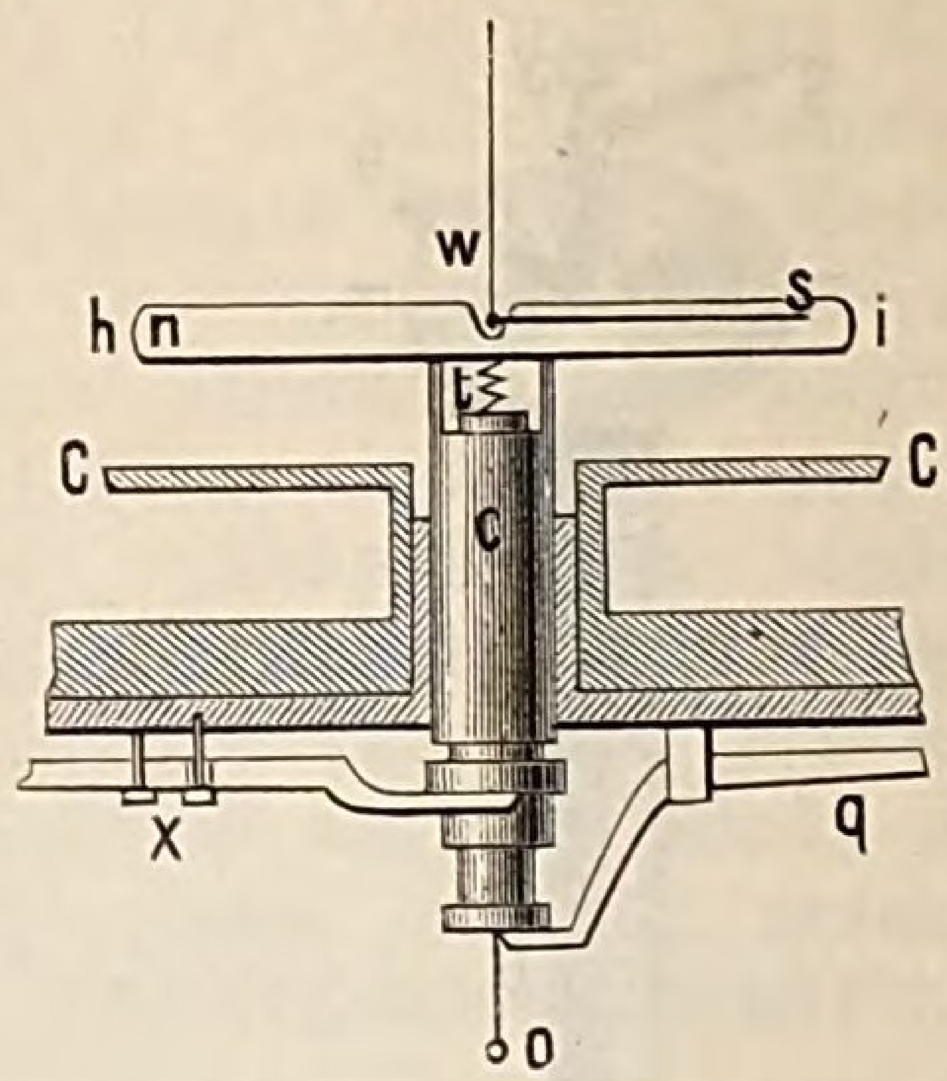
dem Gehäus BB_1 der in der Mitte durchbohrte Kreis CC_1, welcher mit derselben Gradeinteilung wie der Torsionskreis mm_1 versehen und so gestellt ist, dass seine Teilstriche mit den entsprechenden Teilstrichen des Torsionskreises mm_1 in denselben Vertikalebenen liegen. An dem Torsionskreis mm_1 ist noch das Diopter a, an der Röhre G selbst die mit einer Marke versehene Lupe b angebracht, welche beide zur Ablesung der Gradeinteilung dienen. Durch den Boden des Gefässes BB_1 geht die Messingröhre c, welche oben, wie die Detailfigur 147 zeigt, in einem Ring endigt, auf welchem die Schellacksäulchen d und d_1 befestigt sind. Die Säulchen d und d_1 tragen den Silberstreifen hi, an welchen sich, wie bei dem in voriger Antwort beschriebenen Dellmannschen Elektrometer, die Nadel ns zur Hälfte rechts, zur Hälfte links anlegen kann. Die Messingröhre c ist so angebracht, dass sie nicht drehbar ist, wohl aber mittels der Schraube p durch den in der Detailfigur 148 sichtbaren Hebel x mit sanfter Reibung um ein geringes auf- und niederbewegt werden kann. Die Grenzen, zwischen welchen die Messingröhre c hierdurch auf- und niederbewegt werden kann, sind so festgestellt, dass bei der höchsten Stellung der Silberstreifen hi die Nadel ns berührt, und bei ihrer niedersten Stellung 1,2 mm davon entfernt ist. Innerhalb der Messingröhre c befindet sich eine zweite Messingröhre, welche oben und unten durch Schellackplättchen geschlossen ist und welche mittels des Hebels q ebenfalls auf- und niederbewegt werden kann. Durch die Schellackplättchen hindurch geht der silberne Zuleitungsdraht ot, der unten in den Ring o, oben in die federnde Spirale t endigt. Die Grenzen, zwischen welchen die innerhalb der Röhre c befindliche und mit dem Zuleitungsdraht ot versehene zweite Röhre auf- und niederbewegt werden kann, sind so festgestellt, dass sich bei der höchsten Stellung die Spirale t an den silbernen Steg, durch welchen der Silberstreifen hi getragen wird, anlegt,

Figur 147.



und dass sich bei der tiefsten Stellung jener zweiten Röhre die Spirale *t* innerhalb der ersten Röhre *c* befindet (siehe die Erkl. 493—496).

Figur 148.



Frage 192. Worin besteht im allgemeinen der Gebrauch des von *Kohlrausch* verbesserten Dellmannschen Elektrometers?

Erkl. 497. Vor dem in nebenstehender Antwort erwähnten Laden des durch die Figur 146 dargestellten Elektrometers ist es zweckdienlich, das Metallstreifchen *hi* und die Nadel *ns* so zu richten, dass sie senkrecht zu einander stehen, was man dadurch erreicht, dass man den Zeiger *i* auf 90^0 stellt. Hierdurch kann sich nämlich, ehe die Abstossung der Nadel stattfindet, eine grössere Menge der zu untersuchenden Elektricität auf dem Silberstreifchen ansammeln. Ist auf diese Weise das Instrument geladen, so muss man den Zeiger *i* auf 0 stellen und dann kann man den Ablenkungswinkel ablesen.

Erkl. 498. Das von *Kohlrausch* verbesserte und in voriger Antwort beschriebene Dellmannsche Elektrometer soll nach den Angaben *Poggendorffs* ein zu den feinsten Messungen sehr geeignetes Instrument sein (siehe Poggend. Ann. Bd. 72).

Antwort. Der Gebrauch des von *Kohlrausch* verbesserten Dellmannschen Elektrometers besteht im allgemeinen in folgendem:

Zunächst wird das Instrument, siehe Figur 146, so hergerichtet, dass der Aufhängefaden *vw* ohne Torsion ist und dass der Zeiger *i* des Torsionskreises mm_1 auf den Nullpunkt dieser Gradeinteilung zeigt, dass also auch nach der Erkl. 495 die Nadel *ns* an dem Silberstreifchen *hi*, welches ebenfalls auf den Nullpunkt der unteren Gradeinteilung zeigt, leicht anliegt. Dann wird der Ring *o* mit dem zur Elektricitätsquelle führenden Zuleitungsdraht in Verbindung gebracht, und schliesslich werden die Hebel *x* und *q* niedergedrückt, um den in die Spirale *t* endigenden Zuleitungsdraht mit dem Silberstreifchen *hi* und der Nadel *ns* in leitende Verbindung zu bringen. Ist auf diese Weise das Instrument geladen, so wird die Verbindung zwischen *t*, *hi* und *ns* wieder mittels der Hebel *x* und *q* aufgehoben. Die Abweichung der Nadel *ns* von ihrer ursprünglichen Lage wird an der Gradeinteilung CC_1 abgelesen und zwar ge-

schieht diese Ablesung von oben mittels des Diopters *a* und der Lupe *b*.

Zur Untersuchung, ob die Stellung der Nadel *ns* nicht durch etwaige Luftströmungen beeinflusst war, entladet man den Apparat und dreht den Torsionskreis um den soeben bestimmten Ablenkungswinkel. Im Falle nun Luftströmungen vorhanden waren oder sind, so nimmt die Nadel *ns* ihre vorige Stellung nicht wieder ein, was sie aber thun muss, wenn keine Störungen vorhanden sind.

Frage 193. Worin besteht die Einrichtung von *Thomsons* Quadrantenelektrometer?

Erkl. 499. Sir *William Thomson*, ein englischer Physiker, hat mehrere Elektrometer konstruiert, die zur Messung von sehr kleinen elektrischen Spannungen dienen.

Thomsons Quadrantenelektrometer ist nicht genau derjenige, wie er in nebenstehender Antwort beschrieben ist. Die Form und Einrichtung des Thomsonschen Quadrantenelektrometers, wie er in nebenstehender Antwort beschrieben ist, rührt von *V. v. Lang* her. Diese Einrichtung ist diejenige, welche Dr. *J. Müller* in seiner Physik für Unterrichtszwecke am geeignetsten hält, indem das ursprüngliche Quadrantenelektrometer von *Thomson* viel komplizierter ist. Ausführliches über das ursprüngliche Thomsonsche Quadrantenelektrometer findet man in „Reprint of papers on electrostatics and magnetism by Sir William Thomson, London 1872, p. 262.“ (Siehe auch die Erkl. 507.)

Erkl. 500. Die bei dem Thomsonschen Quadrantenelektrometer zur Verwendung kommende Aluminiumplatte hh_1, siehe Figur 149, hat eine ganz besondere Form, wie aus der Detailfigur 151 ersichtlich ist.

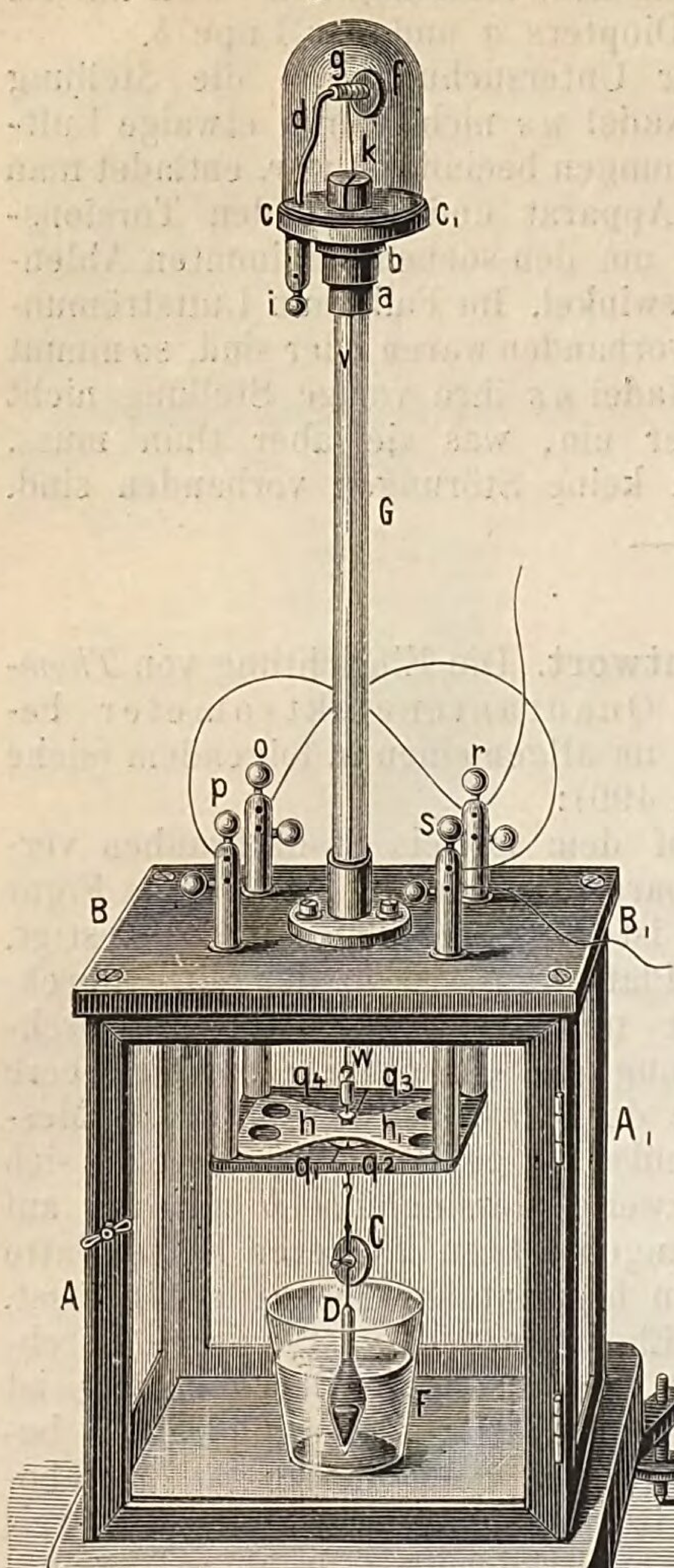
Die Platte selbst soll so dünn als möglich sein. Um eine solche dünne Aluminiumplatte zu erhalten, wird eine dickere Platte in etwas verdünnte Schwefelsäure gelegt. Dadurch, dass die Schwefelsäure auf die Oberfläche des Aluminiums ziemlich gleichmässig auflösend einwirkt, kann man auf diese Weise eine Platte von sehr geringer Dicke herstellen.

Erkl. 501. Dadurch, dass der Aufhängedraht *vw*, siehe Figur 149, durch die mit Quecksilber gefüllte Glasröhre *D* beschwert ist, und dass die Glasröhre *D* in das mit Schwefelsäure gefüllte Gefäss *F* eintaucht, werden die Schwingungen der an dem Draht *vw* befestigten Aluminiumplatte hh_1 gedämpft (siehe auch die Erkl. 502).

Antwort. Die Einrichtung von *Thomsons* Quadrantenelektrometer besteht im allgemeinen in folgendem (siehe Erkl. 499):

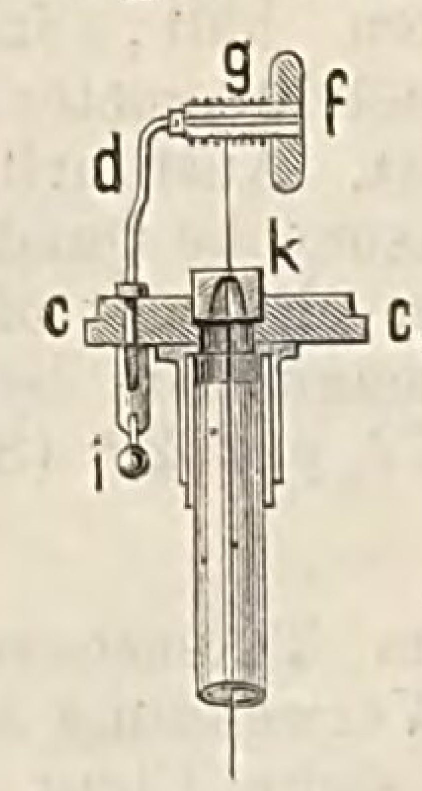
Auf dem mittels Stellschrauben verstellbaren Glaskasten AA_1, siehe Figur 149, ist die Ebonitplatte BB_1 befestigt. Die Platte BB_1 ist in der Mitte durchbohrt und trägt über dieser Durchbohrung die Glasröhre *G*. Das obere Ende der Glasröhre *G* ist in die Messinghülse *a* gekittet, um welche sich die zweite Messinghülse *b* mit der auf ihr angebrachten kleineren Ebonitplatte cc_1 in horizontaler Ebene drehen lässt. Die Ebonitplatte cc_1 ist seitlich durchbohrt und in dieser Durchbohrung ist der ziemlich starke Messingdraht *d* befestigt, der oben horizontal umgebogen ist, daselbst die kleine, mittels des Eboniträdchens *f* drehbare Messingwelle *g* trägt, und der unten in der Klemmschraube *i* endigt. Um die kleine Welle *g* ist der feine Platindraht *vw* geschlungen, an dessen unterem Ende die Aluminiumplatte hh_1, deren Form aus der Detailfigur 151 erkennbar, befestigt ist, und der durch Drehung des Rädchens *f* so verkürzt oder verlängert werden kann, dass diese Aluminiumplatte hh_1 von den vier in einer Ebene liegenden und durch die Säulchen *o*, *p*, *r* und *s* getragenen circa 2 mm dicken Messingquadranten q_1, q_2, q_3 und q_4 abgehoben oder mit denselben in Berührung gebracht werden kann. Damit der Platindraht *vw* bei seiner Auf- oder

Figur 149.

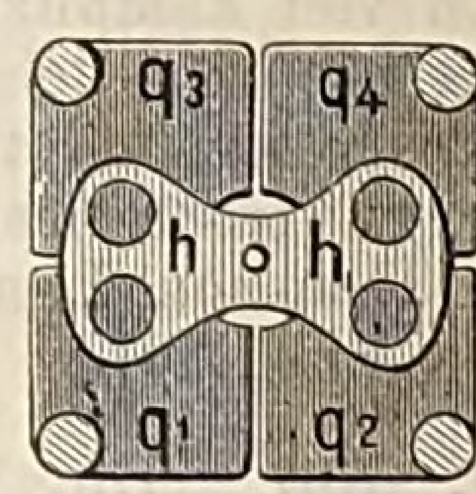


Abwicklung um die kleine Welle g stets seine Lage in der Vertikalachse der Röhre G beibehält, ist, wie die Detailfigur 150 im Durchschnitt zeigt, auf der Ebonitplatte $c c_1$ der mit einem Schlitz versehene Knopf k aufgesetzt. Der Aufhängedraht $v w$ trägt unterhalb der Aluminiumplatte $h h_1$ noch ein Messingstäbchen, an welchem der Spiegel C und die mit Quecksilber gefüllte Glasröhre D, welche in das mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllte Glasgefäss F eintaucht, angebracht ist (siehe auch die Detailfigur 152). Je zwei der Säulchen o, p, r und s, bezw. je zwei der mit ihnen in leitender Verbindung stehenden Quadranten q_1, q_2, q_3 und q_4, welche diametral gegenüberstehen, sind mittels der an denselben angebrachten Klemmschrauben durch zwei Metalldrähte leitend verbunden. Zur Abhaltung des Staubs im Innern des Instruments ist auf die Ebonitplatte $c c_1$ eine gut schliessende Glasglocke aufgesetzt (siehe die Erkl. 501—505).

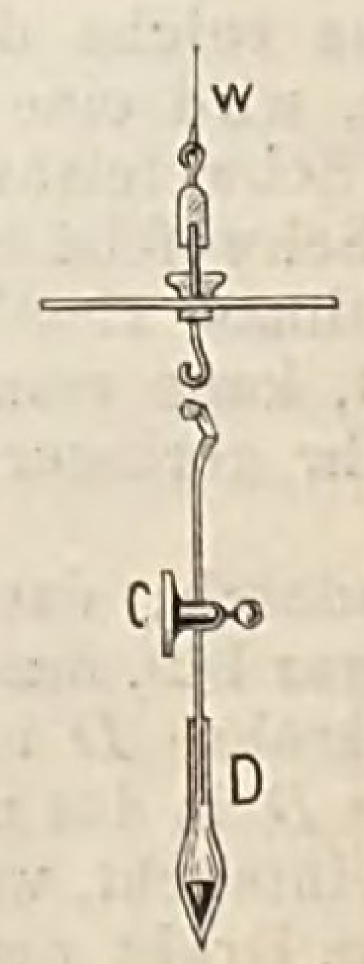
Figur 150.



Figur 151.



Figur 152.



Erkl. 502. Die in dem Glasgefäss F befindliche Schwefelsäure dient gleichzeitig (siehe Erkl. 501) dazu, das Innere des Instruments trocken zu halten, indem die Schwefelsäure, ähnlich wie das Chlorcalcium, die Eigenschaft hat, die Feuchtigkeit aus der Luft aufzusaugen.

Erkl. 503. Der an dem Thomsonschen Quadrantenelektrometer angebrachte Spiegel C, siehe Figur 149, dient ähnlich wie bei dem Magnetometer (siehe Kleyers Lehrbuch des Magnetismus) dazu, um in demselben mittels einem mit Skala versehenen Fernrohr den Winkel

zu bestimmen, um welchen die Aluminiumplatte hh_1 aus ihrer ursprünglichen Lage abgelenkt wird.

Je nach den besonderen Zwecken wird ein Plan- oder ein Hohlspiegel eingesetzt.

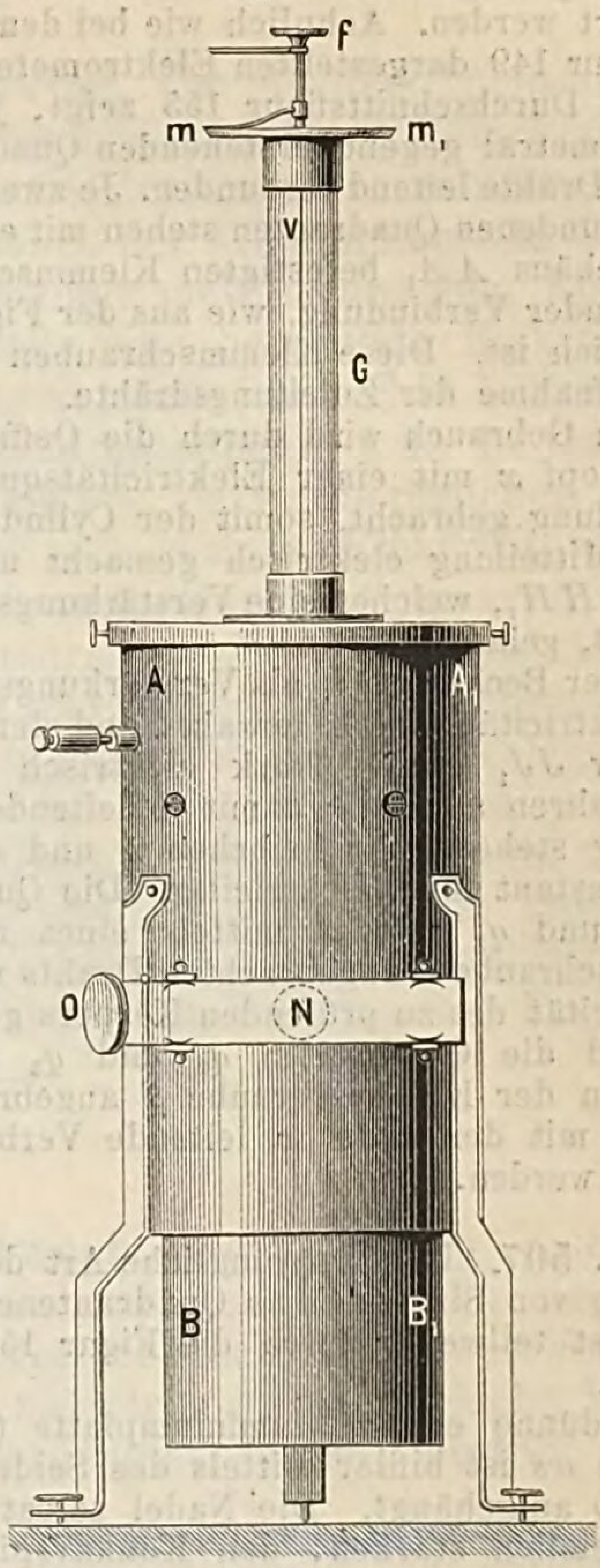
Erkl. 504. Die vier Messingquadranten q_1, q_2, q_3 und q_4 stossen nicht aneinander, sondern sind durch einen circa 1,5 mm breiten Raum von einander getrennt, siehe die Detailfigur 151. Die inneren vier Ecken dieser Quadranten sind so kreisförmig ausgeschnitten, dass diese vier Kreisausschnitte eine kreisförmige Oeffnung bilden, um den Aufhängefaden vw durchzulassen. Die sämtlichen Ecken und Kanten dieser vier Messingquadranten sind abgerundet, wie überhaupt alle Ecken und scharfe Kanten bei elektrischen Instrumenten vermieden werden müssen.

Erkl. 505. Die Figuren 149—152 stellen das nebenstehend beschriebene Thomsonsche Quadrantenelektrometer und dessen Details in $^1/_6$ seiner natürlichen Grösse dar.

Erkl. 506. Eine andre Form des Thomsonschen Quadrantenelektrometers als die in nebenstehender Antwort beschriebene ist durch die Figuren 153—155 dargestellt. Die Einrichtung ist im allgemeinen folgende:

Auf dem Deckel des mittels Stellschrauben verstellbaren Metallcylinders AA_1, siehe Figur 153, ist die mit dem Torsionskreis mm_1 versehene Glasröhre G befestigt, welche wie in der Figur 149 zur Aufnahme des Aufhängefadens vw dient. Unten an dem Metallcylinder AA_1 ist mittels sogenanntem Bajonettverschluss der Metallcylinder BB_1 angehängt. In diesem Metallcylinder BB_1 befindet sich, wie die Figur 154 im Durchschnitt zeigt, der Becher HH_1, der wie eine Verstärkungsflasche eingerichtet ist. In dem Becher HH_1 steht der Metallcylinder JJ_1, der einerseits mit dem Knopf x, andrerseits mit der Oeffnung y versehen ist. In dem Metallcylinder JJ_1 steht schliesslich das Glasgefäss F, welches mit Schwefelsäure gefüllt und aussen mit Stanniol belegt ist. Der Platindraht t, welcher an der äusseren Belegung dieses Glasgefässes befestigt ist, taucht in die Schwefelsäure ein und verbindet somit diese Säure nicht allein leitend mit dieser äusseren Belegung des Glasgefässes F, sondern auch mit dem Metallcylinder JJ_1 und mit der inneren Belegung des als Leydener Flasche eingerichteten Bechers HH_1. Der Aufhängefaden vw besteht bis zu der Stelle, wo sich die mit den Stanniolscheibchen n und s versehene Magnesiumnadel befindet, aus Glas; von da an besteht er aus Platin. Der Oeffnung y gegenüber ist an dem Platindraht das versilberte Glimmerblättchen p angebracht; dasselbe dient als Spiegel und wird an demselben durch die Oeffnung y und durch die am äusseren Gehäus AA_1 angebrachte Oeffnung N mittels einem mit Skala versehenen Fernrohr (ähnlich wie bei dem Magnetometer, siehe

Figur 153.

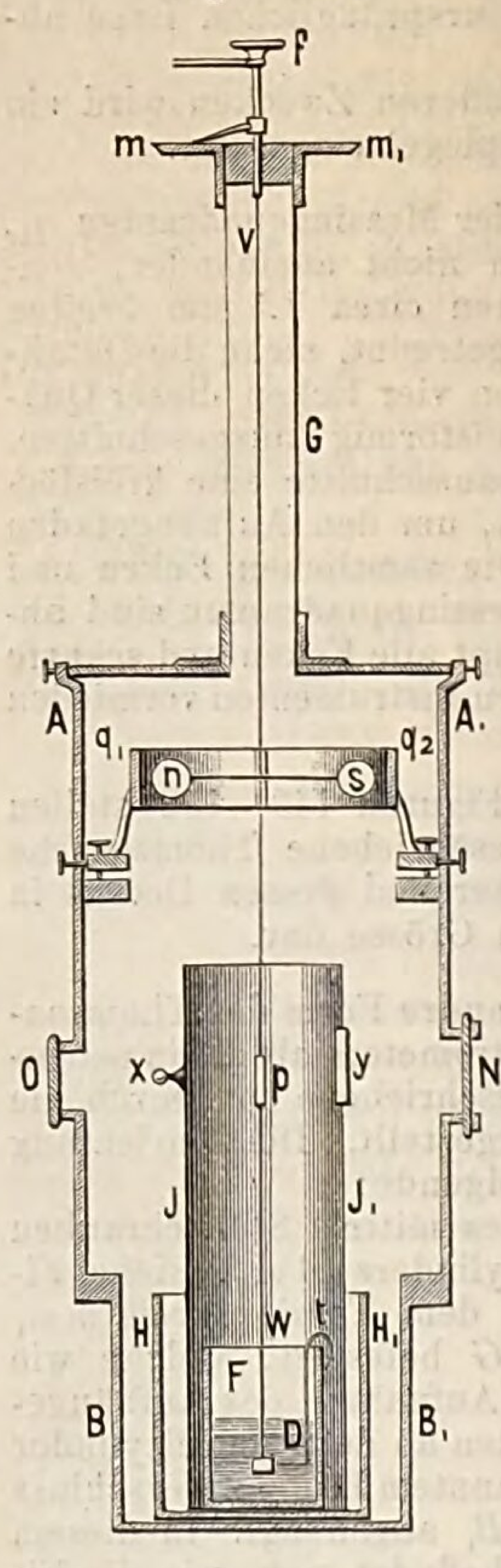


Kleyers Lehrbuch des Magnetismus) die Stellung der Nadel *ns* abgelesen. Am unteren Ende des Fadens *vw* ist das Platinblättchen *D* angebracht, welches in die in dem Glasgefäss *F* befindliche Schwefelsäure eintaucht. Die Magnesiumnadel *ns* bewegt sich in horizontaler Ebene in dem kurzen Metallcylinder $q_1 q_2$, welcher, wie die Figur 155 im Querschnitt zeigt, aus den vier etwas von einander abstehenden Quadranten q_1, q_2, q_3 und q_4 besteht. Diese vier Quadranten werden von vier an dem Gehäus AA_1 angebrachten Glassäulchen getragen und können mittels Schrauben reguliert werden. Aehnlich wie bei dem durch die Figur 149 dargestellten Elektrometer sind, wie die Durchschnittsfigur 155 zeigt, je zwei der diametral gegenüberstehenden Quadranten mittels Drähte leitend verbunden. Je zwei dieser so verbundenen Quadranten stehen mit einer an dem Gehäus AA_1 befestigten Klemmschraube in leitender Verbindung, wie aus der Figur 155 ersichtlich ist. Diese Klemmschrauben dienen zur Aufnahme der Zuleitungsdrähte.

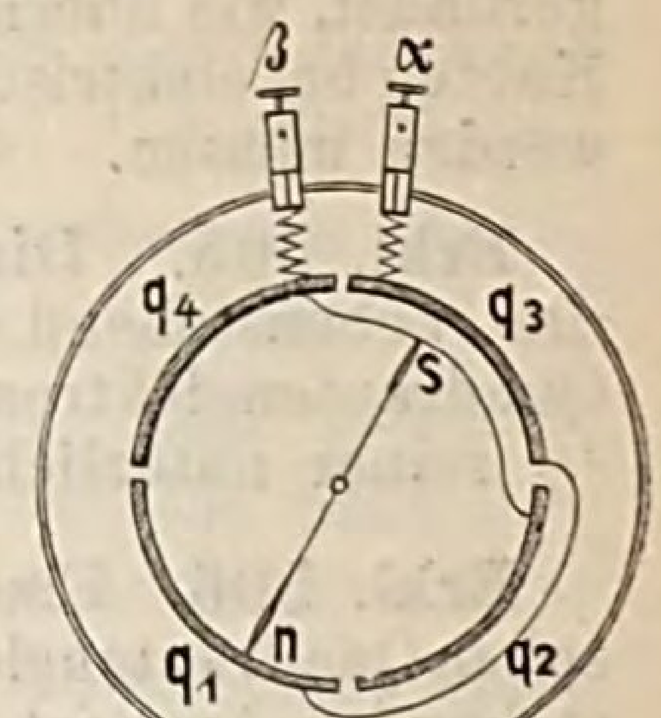
Beim Gebrauch wird durch die Oeffnung *O* der Knopf *x* mit einer Elektricitätsquelle in Verbindung gebracht, somit der Cylinder JJ_1 durch Mitteilung elektrisch gemacht und der Becher HH_1, welcher eine Verstärkungsflasche vorstellt, geladen.

Da der Becher HH_1 als Verstärkungsflasche die Elektricität länger bewahrt und der ganze Cylinder JJ_1 gleich stark elektrisch bleibt, so bewahren auch die damit in leitender Verbindung stehenden Scheibchen *n* und *s* ziemlich konstant ihre Elektricität. Die Quadranten q_1 und q_3 werden mittels eines an der Klemmschraube α angebrachten Drahts mit der Elektricität des zu prüfenden Körpers geladen, während die Quadranten q_2 und q_4 mittels eines an der Klemmschraube β angebrachten Drahts mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt werden.

Figur 154.



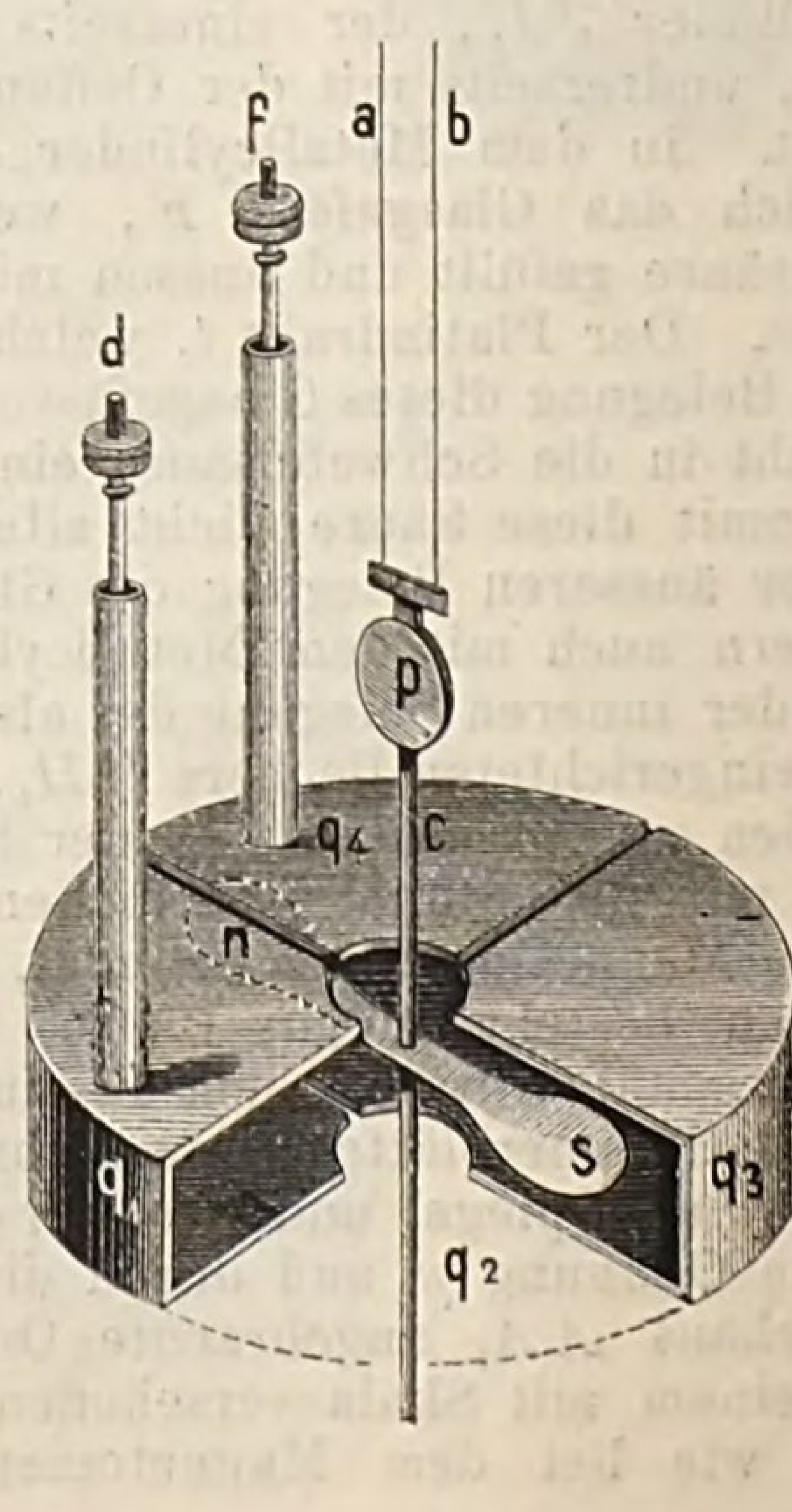
Figur 155.



Erkl. 507. Die ursprüngliche Art der Einrichtung von Sir *Williams* Quadrantenelektrometer ist teilweise durch die Figur 156 dargestellt.

Die dünne ebene Aluminiumplatte (Nadelmagnet) *ns* ist bifilar mittels des Seidefadens *a* und *b* aufgehängt. Die Nadel selbst ist an dem ziemlich starken, den Konkavspiegel *p* tragenden Platindraht *c* befestigt und bewegt sich in einem kurzen Cylinder, der aus den vier nicht aneinanderstossenden Quadranten q_1, q_2, q_3 und q_4, von welchen der Quadrant q_2 in der Figur nicht eingezeichnet ist, besteht. Der Konkavspiegel *p* dient dazu, das Bild einer Flamme und eines vertikalen, diese Flamme halbierenden Drahts auf eine in Grade eingeteilte Skala zu werfen, an welcher man hierdurch die Bewegung der Nadel um ihre vertikale Achse beobachten kann. Aehnlich wie bei den durch die Figuren 149 und 153 dargestellten Elektrometern ist der Platindraht nach unten verlängert und taucht in Schwefelsäure ein,

Figur 156.



wodurch die Nadel in leitender Verbindung mit der Säure steht.

Die mittels eines Drahts in leitender Verbindung zu einander stehenden Quadranten q_1 und q_3 können beim Gebrauch durch die Vorrichtung *d* mit einer Elektricitätsquelle in Verbindung gebracht werden, während die mittels eines Drahts in leitender Verbindung zu einander stehenden Quadranten q_2 und q_4 durch die Vorrichtung *f* in leitende Verbindung mit der Erde gebracht werden können.

Frage 194. Wie verfährt man bei dem Gebrauch des in voriger Antwort beschriebenen Thomsonschen Quadrantenelektrometers?

Erkl. 508. Benutzt man zur elektrischen Ladung der Aluminiumplatte hh_1, siehe Figur 149, eine Säule, wie sie später beschrieben werden (z. B. eine Zambonische Säule), so wird der eine Pol derselben mit der Klemmschraube *i*, der andre Pol mit der Erde in leitende Verbindung gebracht.

Antwort. Um mit dem Thomsonschen Quadrantenelektrometer, siehe Figur 149, elekrische Messungen vorzunehmen, wird gewöhnlich der Aluminiumplatte hh_1 von irgend einer meist schwachen Elektricitätsquelle eine bestimmte Elektricitätsmenge mitgeteilt (siehe Erkl. 508) und das eine Quadrantenpaar, z. B. die Quadranten q_1 und q_3, bezw. die Säulchen *p* und *r* mit der zu messenden Elektricitätsquelle, und das andre Quadrantenpaar, also z. B. die Quadranten q_2 und q_4, bezw. die Säulchen *s* und *o* mit der Erde in leitende Verbindung gebracht. Der Ausschlagswinkel der Nadel wird mittels eines Fernrohrs (siehe Erkl. 503) an dem Spiegel *C* beobachtet und die Torsion des Fadens an dem Torsionskreis mm_1 abgelesen, ähnlich wie bei der Coulombschen Drehwage.

Frage 195. Worin besteht der Vorgang, nach welchem sich mit dem in Antwort der Frage 193 beschriebenen Thomsonschen Quadrantenelektrometer elektrische Messungen vornehmen lassen?

Erkl. 509. Sind die elektrischen Ladungen bei dem Thomsonschen Quadrantenelektrometer sehr schwach, so können die Abweichungen, welche die Aluminiumplatte von ihrer ursprünglichen Gleichgewichtslage macht (das sind die sogen. Ablenkungswinkel), den Ladungen selbst proportional gesetzt werden.

Sind hingegen die elektrischen Ladungen kräftiger, so findet diese Proportionalität nicht mehr statt, indem man, wie *Maxwell* nachwies, bei gleichgrossen entgegengesetzten elektrischen Ladungen der Quadranten ungleiche Ablenkungswinkel nach beiden entgegengesetzten Richtungen erhält.

Um die Grösse der elektrischen Anziehungen und Abstossungen bei starken elektrischen Ladungen beurteilen zu können, muss man aus

Antwort. Der Vorgang, nach welchem sich mit dem in Antwort der Frage 193 beschriebenen Thomsonschen Quadrantenelektrometer elektrische Messungen vornehmen lassen, besteht in folgendem:

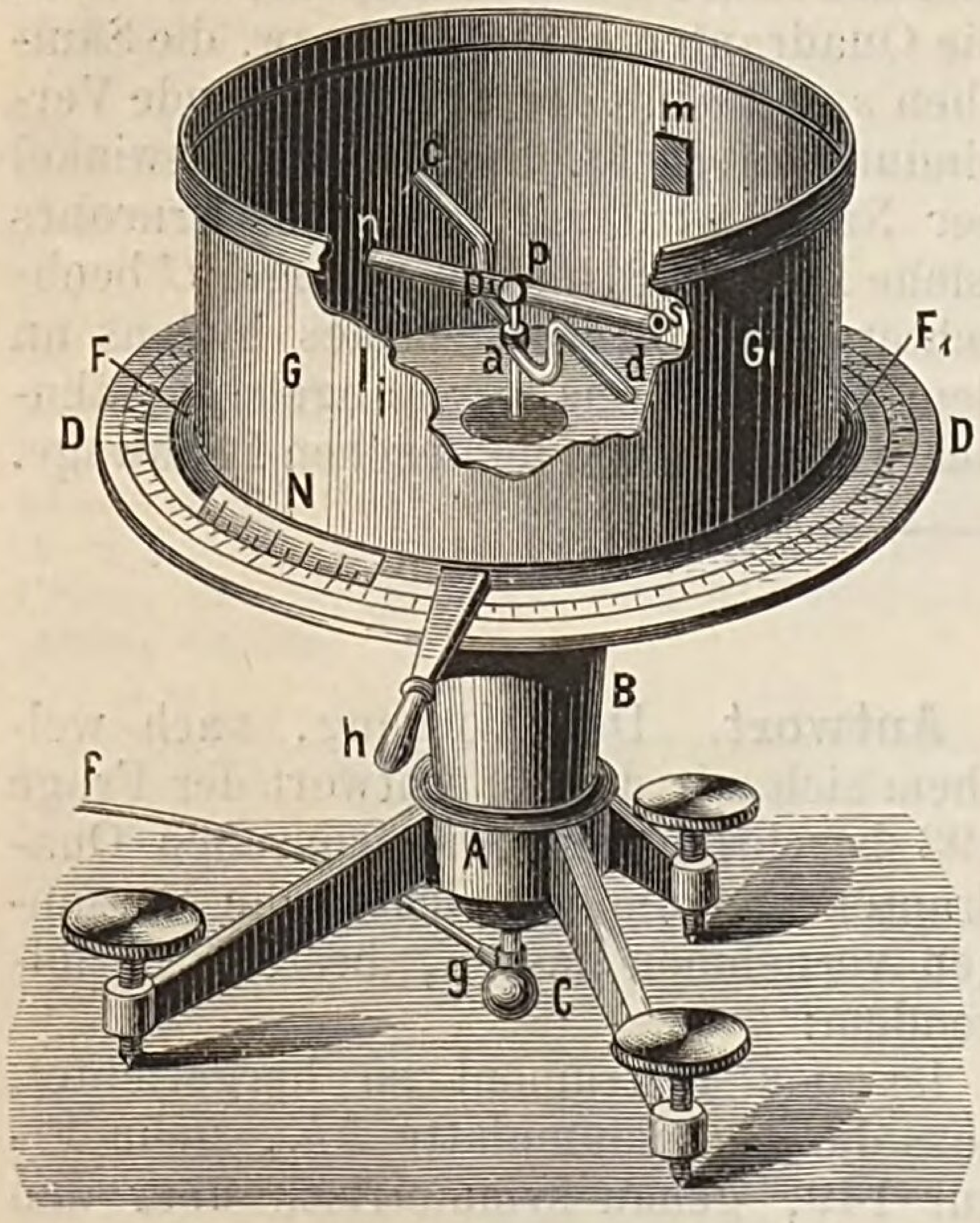
Ist das Instrument so hergerichtet, dass die Aluminiumplatte hh_1, siehe Figur 149, genau symmetrisch über den 4 Quadranten q_1, q_2, q_3 und q_4 schwebt, wie z. B. die Figur 151 zeigt, und es wird alsdann der Aluminiumplatte hh_1 wie in voriger Antwort angegeben, z. B. $+E$ mitgeteilt, so wird, wenn z. B. die Quadranten q_2 und q_4 ebenfalls mit $+E$ geladen sind, diese Aluminiumplatte hh_1 von beiden Quadranten abgestossen und nach links gedreht; waren hingegen

diesem Grunde eine empirische Gradeinteilung durch Versuche feststellen.

die Quadranten q_2 und q_4 mit — E geladen, so wird die Aluminiumplatte hh_1 von beiden Quadranten angezogen und nach rechts gedreht. Aus der Grösse dieser Abweichungen der Aluminiumplatte von ihrer ursprünglichen Lage, bezw. aus der hierdurch hervorgerufenen Torsion des Aufhängedrahts kann man, wie später gezeigt wird, auf die Stärke der elektrischen Abstossungen schliessen.

Frage 196. Worin besteht die Einrichtung des Sinuselektrometers von *Kohlrausch*?

Figur 157.



Antwort. Die Einrichtung des Sinuselektrometers von *Kohlrausch* besteht in folgendem:

Auf dem mittels Stellschrauben verstellbaren Dreifuss A, siehe Figur 157, ist die Messinghülse B befestigt. In diese Hülse B ist mittels Schellack die messingene Säule C eingekittet, in welcher mittels eines Konus der Messingstift a steckt. Der Messingstift a ist mit Sehellack fest in der sogen. Bodenplatte FF_1 eingekittet. Die Bodenplatte FF_1 hat einen erhöhten Rand, ist mit dem Nonius N und dem Handgriffe h versehen und kann mitsamt dem Stift a mittels jenes Konus an dem Handgriff in horizontaler Ebene gedreht werden.

Mit dem Stift a ist das Messingstäbchen cd, welches eine ähnliche Form wie dasjenige bei dem von *Kohlrausch* verbesserten Dellmannschen Elektrometer hat, fest verbunden. Auf der Spitze des Stifts a ruht die Magnetnadel ns, welche mit dem doppelten Planmetallspiegel pp_1 versehen ist. Die Bodenplatte FF_1 trägt den mittels einem Glasdeckel verschliessbaren Messingcylinder GG_1, der sich an die Erhöhung des Randes der Bodenplatte FF_1 anlegt und gedreht werden kann, wenn die Bodenplatte FF_1 an dem Handgriff h festgehalten wird. Im Innern dieses Cylinders GG_1 ist der Planspiegel m, ihm diametral gegenüber der mit einem Glas verschlossene Schlitz i angebracht. Ueber dem Schlitz i befindet sich innerhalb auf weissem Papier ein vertikaler schwarzer Strich, der als Marke dient.

Konzentrisch mit der, um ihre vertikale

Axe drehbaren Bodenplatte FF_1 ist der mit einer Gradeinteilung versehene Kreisring DD_1 angebracht, welcher mittels Streber an der Hülse B befestigt ist und an welchem jede Drehung der Bodenplatte FF_1 mittels des Nonius N abgelesen werden kann.

Frage 197. Worin besteht im allgemeinen der Gebrauch des in voriger Antw. beschriebenen Sinuselektrometers von *Kohlrausch?*

Antwort. Der Gebrauch des Sinuselektrometers von *Kohlrausch*, wie er in voriger Antwort beschrieben ist, besteht im allgemeinen in folgendem:

Zunächst wird das Instrument so gestellt, dass sich die Magnetnadel stets in horizontaler Ebene bewegt und sich in ihrer Ruhelage in dem magnetischen Meridian des Ortes befindet, dabei aber einen kleinen Winkel mit dem Messingstäbchen cd bildet: dann wird die Messingsäule C mit der Elektricitätsquelle mittels des Zuleitungsdrahts fg in leitende Verbindung gebracht und geladen. Die hierdurch der Messingsäule C mitgeteilte Elektricität verbreitet sich über den Stift a, das Messingstäbchen cd und die Nadel ns. Die hierdurch mit dem Messingstäbchen cd gleichzeitig elektrisierte Nadel ns wird von dem Stäbchen alsdann abgestossen und zwar soweit, bis sich die elektrische Abstossungskraft und die magnetische Direktionskraft, vermöge welcher die Magnetnadel ns bestrebt ist, stets wieder in den magnetischen Meridian zurückzukehren, das Gleichgewicht halten.

Bei einer vergleichenden Messung verschiedener Elektricitätsmengen muss das Instrument aus Gründen, die im II. Teil angegeben sind, stets so gestellt werden, dass das Metallstäbchen cd und die Magnetnadel ns stets denselben Winkel miteinander bilden, dies erreicht man dadurch, dass man den Cylinder GG_1 indem man den Handgriff h festhält, so dreht, dass die durch den Schlitz i und die vertikal über demselben im Innern befindliche Marke, welche man in dem Spiegel m und in dem Spiegelbild des Spiegels p in m sieht, bestimmte Visier-

Erkl. 510. Infolge der Reflexion sieht man die über i, siehe Figur 157 und Antwort der Frage 196, im Innern befindliche Marke nicht allein in dem Spiegel m, sondern auch in dem Spiegelbild des Spiegels p, welches ebenfalls in dem Spiegel m erscheint; decken sich beide Spiegelbilder jener Marke, so muss die Visierlinie im genau senkrecht auf der Ebene des Planspiegels p stehen.

Erkl. 511. Wie sich aus nebenstehender Antwort ergibt, werden bei dem Sinuselektrometer von *Kohlrausch* die elektrischen Abstossungen durch die magnetische Direktionskraft einer Magnetnadel gemessen.

Erkl. 512. Der Gebrauch des vorstehend beschriebenen Sinuselektrometers von *Kohlrausch* ist, wie sich aus nebenstehender Antwort ergibt, viel bequemer als der der seither beschriebenen Elektrometer, die sich auf das Prinzip der Drehwage stützen, besonders dann, wenn man in kurzen Zwischenräumen den elektrischen Zustand, bezw. dessen elektrischen Aenderungen messen will.

Erkl. 513. Der Name Sinuselektrometer rührt daher, weil bei demselben die elektrischen Abstossungskräfte dem Sinus des Ablenkungswinkels proportional sind (siehe den II. Teil dieses Buchs).

linie senkrecht zur Ebene des Planspiegels m ist (siehe Erkl. 510).

Nachdem nunmehr das Instrument, wie vorstehend angegeben, geladen ist, dreht man an dem Handgriff h die Bodenplatte FF_1 und somit auch den Cylinder GG_1 und das Messingstäbchen cd so lange, bis die vorhin erwähnte Visierlinie wieder senkrecht zur Spiegelebene p steht. Hierdurch wird das Stäbchen cd wieder so gestellt, dass es genau den früheren Winkel mit der Nadel ns bildet.

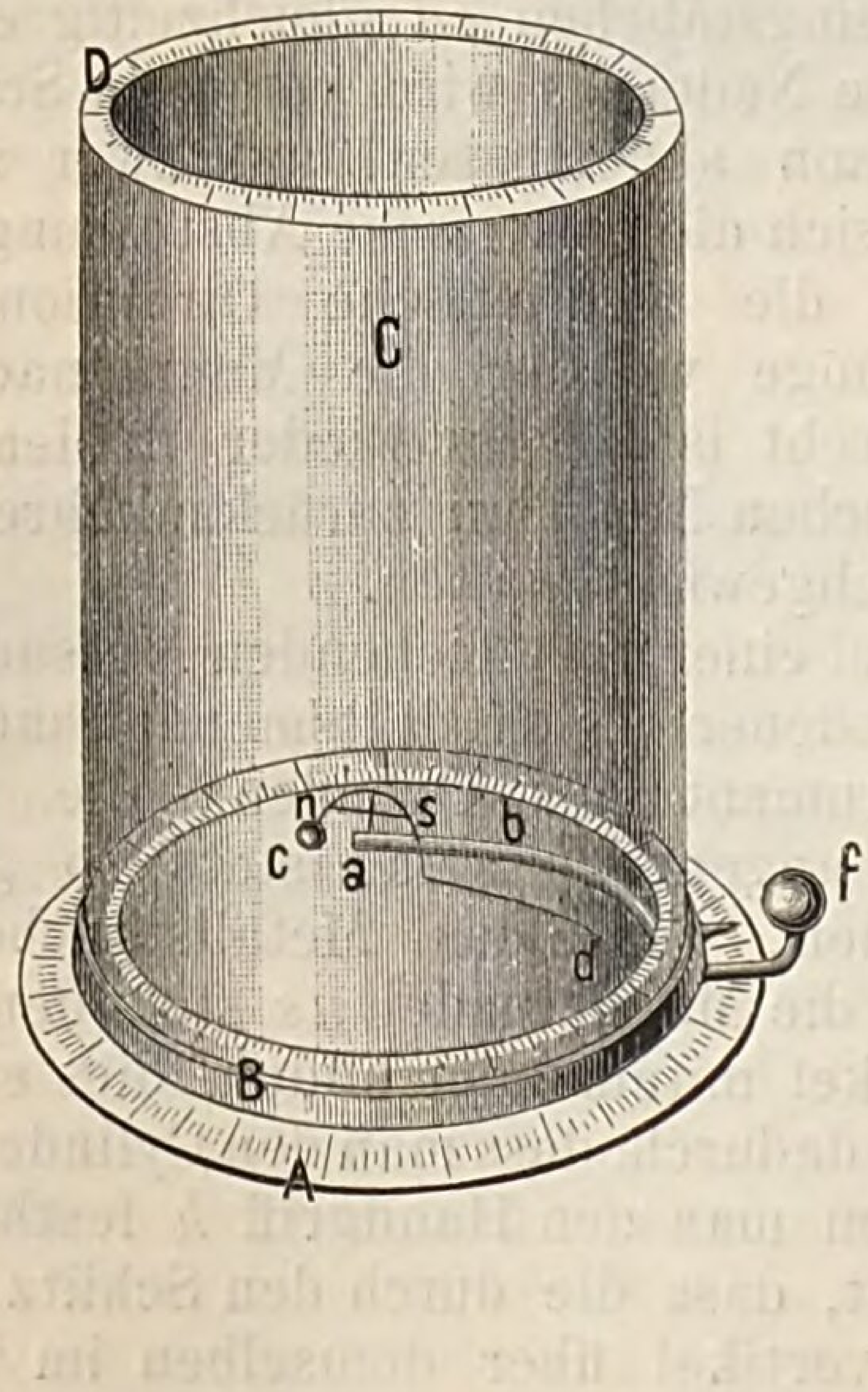
Der Winkel, um welchen die Bodenplatte gedreht wurde und welcher an der äusseren Gradeinteilung abgelesen werden kann, ist derjenige Winkel, welchen die magnetische Achse der Nadel ns mit dem magnetischen Meridian bildet, es ist der zu bestimmende Ablenkungswinkel.

Erkl. 514. *Michell* war der erste, welcher zur Messung elektrischer Abstossungen die magnetische Direktionskraft vorschlug.

Erkl. 515. Das vorstehend beschriebene Sinuselektrometer von *Kohlrausch* ist aus dem in folgender Antwort beschriebenen Elektrometer von *Peltier* hervorgegangen und weist gegen dieses bedeutende Verbesserungen auf, indem es zu den genauesten Messungen benutzt werden kann (siehe Poggend. Ann., Bd. 58).

Frage 198. Worin besteht die Einrichtung von *Peltiers* Elektrometer?

Figur 158.



Antwort. Die Einrichtung von *Peltiers* Elektrometer, siehe Figur 158, besteht in folgendem:

Auf der in Grade eingeteilten Kreisscheibe A ist die am oberen Rande ebenfalls in Grade eingeteilte Holzscheibe B konzentrisch so angebracht, dass letztere um ihre vertikale Achse gedreht werden kann.

In der Holzscheibe B ist der, in seiner Horizontalprojektion einen Radius der Scheibe A deckende, gebogene Kupferdraht ab mittels Schellack isoliert eingekittet. Dieser Kupferdraht erhebt sich etwas über die Holzscheibe B, endigt einerseits genau über dem Mittelpunkt der Scheibe A und trägt daselbst ein vertieftes Stahlplättchen, auf welchem der stark gebogene, sehr dünne Kupferdraht cd mittels einer Spitze so aufgesetzt wird, dass ihm durch das Schellackkügelchen c das Gleichgewicht gehalten wird und sich um jene Spitze als vertikale Achse drehen kann; senkrecht zu der Spitze ist die Magnetnadel ns angebracht, welche bestrebt ist, die Kupfernadel cd stets in den magnetischen Meridian zu stellen. Der Kupferdraht ab, welcher als Zuleitungsdraht der Elek-

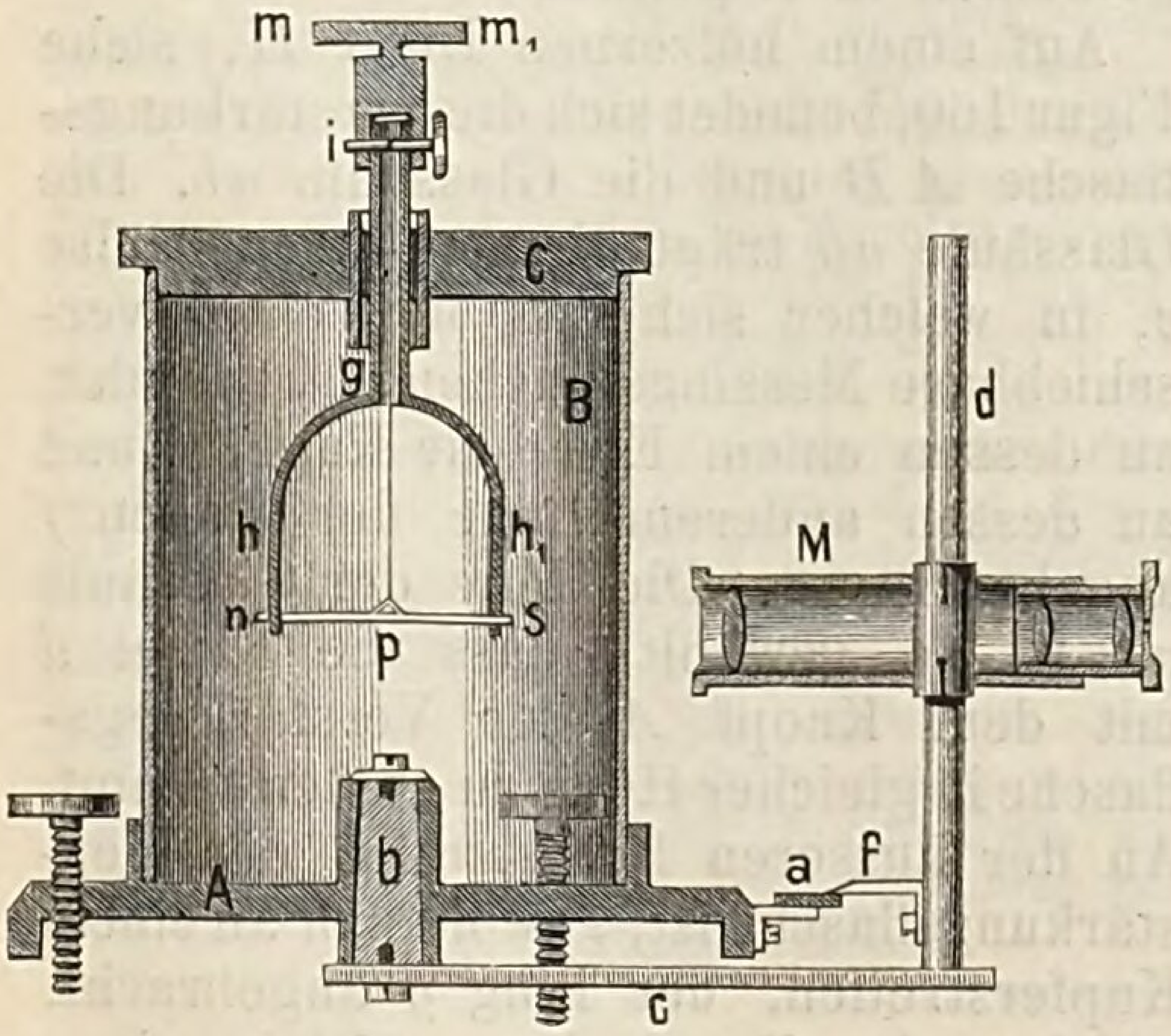
tricität dient, endigt ausserhalb in der Kugel *f*. Ueber der Holzscheibe *B* befindet sich das am oberen Rand in Grade eingeteilte Glasgefäss *C*. Die Stellung der Nadel kann statt an der Gradeinteilung der unteren Holzscheibe *B* an der oberen Gradeinteilung *D* abgelesen werden.

Beim Gebrauch wird das Instrument so gestellt, dass der Zuleitungsdraht *ab* in den magnetischen Meridian des Orts zu stehen kommt, bezw. dass die Nadel *cd* genau an dem Zuleitungsdraht *ab* anliegt. Wird dem Zuleitungsdraht *ab* Elektricität zugeführt, so wird die Kupfernadel *cd* abgestossen. Aus der Grösse des Ablenkungswinkels und der magnetischen Direktionskraft der Nadel *ns* kann man, wie im II. Teil gezeigt wird, in bezug auf die Stärke der Abstossungen verschiedener Elektricitätsmengen, welche dem Instrument nacheinander mitgeteilt werden, vergleichende Schlüsse ziehen, bezw. im allgemeinen die Stärke jener Abstossungen selbst messen.

Erkl. 516. Bei dem Elektrometer von *Peltier* ruht die Nadel *cd*, bezw. *ns*, siehe Figur 158, auf einer Stahlspitze; sie bleibt deshalb in metallischer Verbindung mit dem diese Nadel abstossenden Zuleitungsdraht *ab*, und aus diesem Grunde eignet sich dieses Instrument sehr gut dazu, um die jedesmalige Aenderung der Ladung eines mit dem Zuleitungsdraht in Verbindung stehenden elektrischen Körpers beurteilen zu können.

Frage 199. Worin besteht die Einrichtung von *Oersteds* Elektrometer?

Figur 159.



Antwort. Die Einrichtung von *Oersteds* Elektrometer, siehe Figur 159, besteht im allgemeinen in folgendem:

An der mittels Stellschrauben verstellbaren Scheibe *A*, welche in der Figur nur im Durchschnitt ersichtlich ist, ist die kreisförmige Gradeinteilung *a* angebracht. In der Mitte dieser Scheibe befindet sich der um seine vertikale Achse drehbare Zapfen *b*, an welchem mittels dem Verbindungsstück *c* der Vertikalstab *d* angebracht ist. Der Vertikalstab *d* trägt das mit Faden versehene und verstellbare Mikroskop *M* und den auf die Gradeinteilung *a* deutende Zeiger *f*. Auf der Scheibe *A* ist der mit dem Holzdeckel *C* verschlossene Glascylinder *B* befestigt. In der Mitte des Holzdeckels *C* ist eine Messingröhre gut isoliert festgekittet, welche innerhalb des Glascylinders *B* in der Gabel hh_1 endigt. Durch die Röhre *g* geht ein Coconfaden, der mittels der Welle *i* verkürzt und verlängert werden kann und an dessen unterem Ende der

Erkl. 517. Die Elektrometer von *Peltier* und *Oersted* unterscheiden sich im wesentlichen dadurch, dass bei ersterem die Magnetnadel auf einer Stahlspitze ruht, während sie bei letzterem an einem Coconfaden befestigt ist.

Erkl. 518. Das Elektrometer von *Oersted* kommt mit mehreren andern Elektrometern, mit welchen die Intensitäten der Abstossungen von Elektricitätsmengen, bezw. diese Elektricitätsmengen selbst, durch die magnetische Direktionskraft gemessen werden, in einem späteren Kapitel nochmals ausführlicher zur Besprechung.

magnetische Bügel p befestigt ist, der die Messingnadel ns trägt und der das Bestreben hat, sich stets in den magnetischen Meridian zu stellen.

Beim Gebrauch wird das Instrument so gestellt, dass die Gabel hh_1 in dem magnetischen Meridian steht, bezw. dass die Nadel ns, wie die Figur zeigt, an der Gabel hh_1 leicht anliegt. Wird die Messingröhre g alsdann elektrisiert, so wird die mit ihr in leitender Verbindung stehende Nadel ns abgestossen. Der Ablenkungswinkel wird, nachdem das Mikroskop vorher genau eingerichtet ist, an der äusseren Gradeinteilung a mittels des Zeigers f abgelesen.

c). Ueber die elektrische Massflasche.

Frage 200. Wozu dient die von *Lane* erfundene elektrische Massflasche?

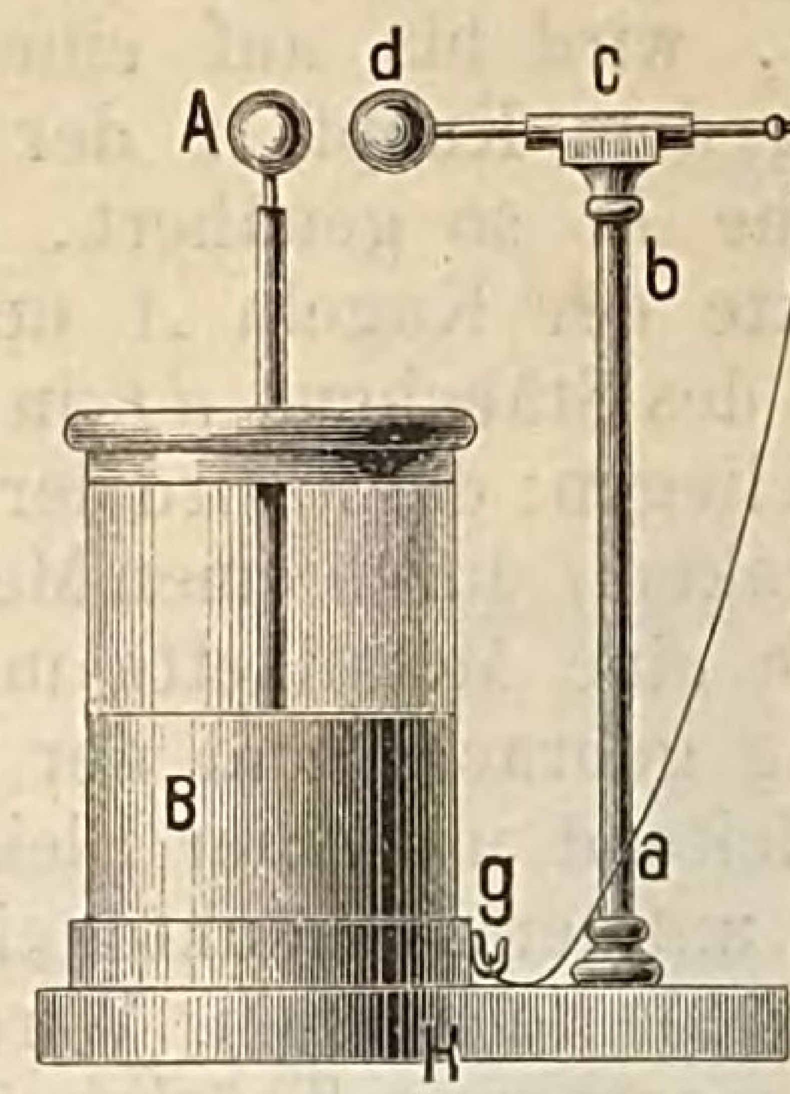
Antwort. Die von *Lane* erfundene elektrische Massflasche dient im allgemeinen dazu, das Verhältnis verschiedener elektrischer Ladungen einer Verstärkungsflasche oder einer elektrischen Batterie zu bestimmen.

Frage 201. Worin besteht die Einrichtung von *Lanes* elektrischer Massflasche?

Antwort. Die Einrichtung von *Lanes* elektrischer Massflasche besteht im allgemeinen in folgendem:

Auf einem hölzernen Brett H, siehe Figur 160, befindet sich die Verstärkungsflasche AB und die Glassäule ab. Die Glassäule ab trägt die messingene Hülse c, in welcher sich das horizontal verschiebbare Messingstäbchen df befindet, an dessen einem Ende die Kugel d und an dessen anderem Ende der Haken f angebracht ist. Die Höhe der Glassäule ab ist so gewählt, dass die Kugel d mit dem Knopf A der Verstärkungsflasche in gleicher Höhe zu stehen kommt. An der äusseren Belegung B der Verstärkungsflasche ist, gewöhnlich an einem Kupferstreifen, der Ring g angebracht, welcher den Zweck hat, mittels eines Drahts oder einer Kette die äussere Belegung B der Verstärkungsflasche mit dem Metallstäbchen df leitend verbinden

Figur 160.



Erkl. 519. Die ursprüngliche Form der Laneschen Massflasche ist durch die Figur 161 dargestellt.

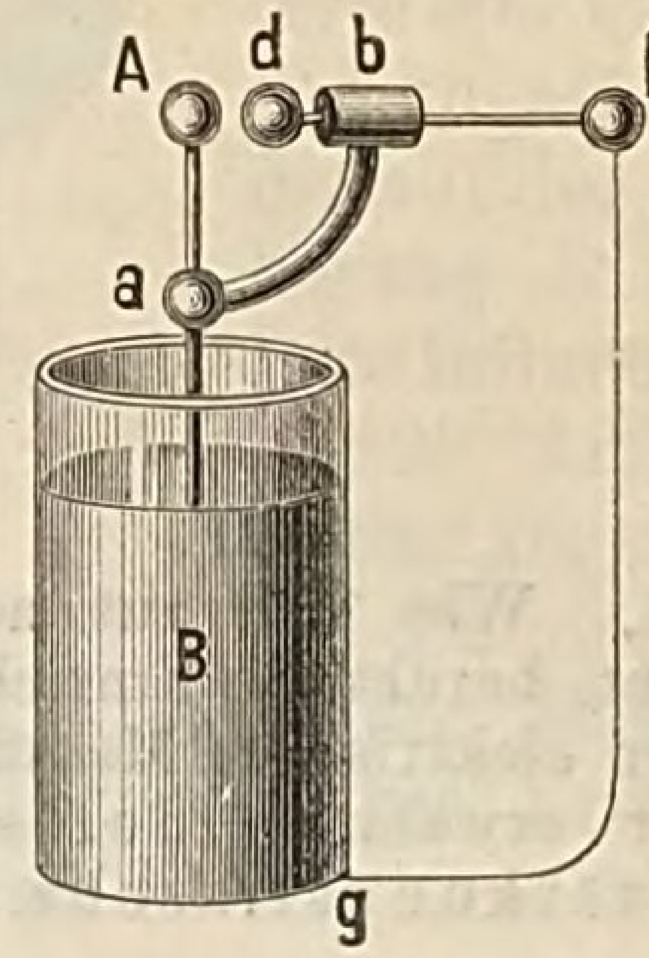
Bei derselben ist an dem nach der inneren Belegung der Flasche führenden Zuleitungsdraht die Kugel *a* befestigt, welche einen gebogenen, in der horizontalen Hülse *b* endigenden Glasarm trägt. In der Hülse *b* lässt sich das die Kugeln *d* und *f* tragende horizontale Messingstäbchen hin- und herschieben. Die Kugel *f* wird mittels eines Drahts in leitende Verbindung mit der äusseren Belegung *B* der Flasche gebracht.

Erkl. 520. *Riess* gab der Massflasche die durch die Figur 162 dargestellte Einrichtung. Dieselbe besteht in folgendem:

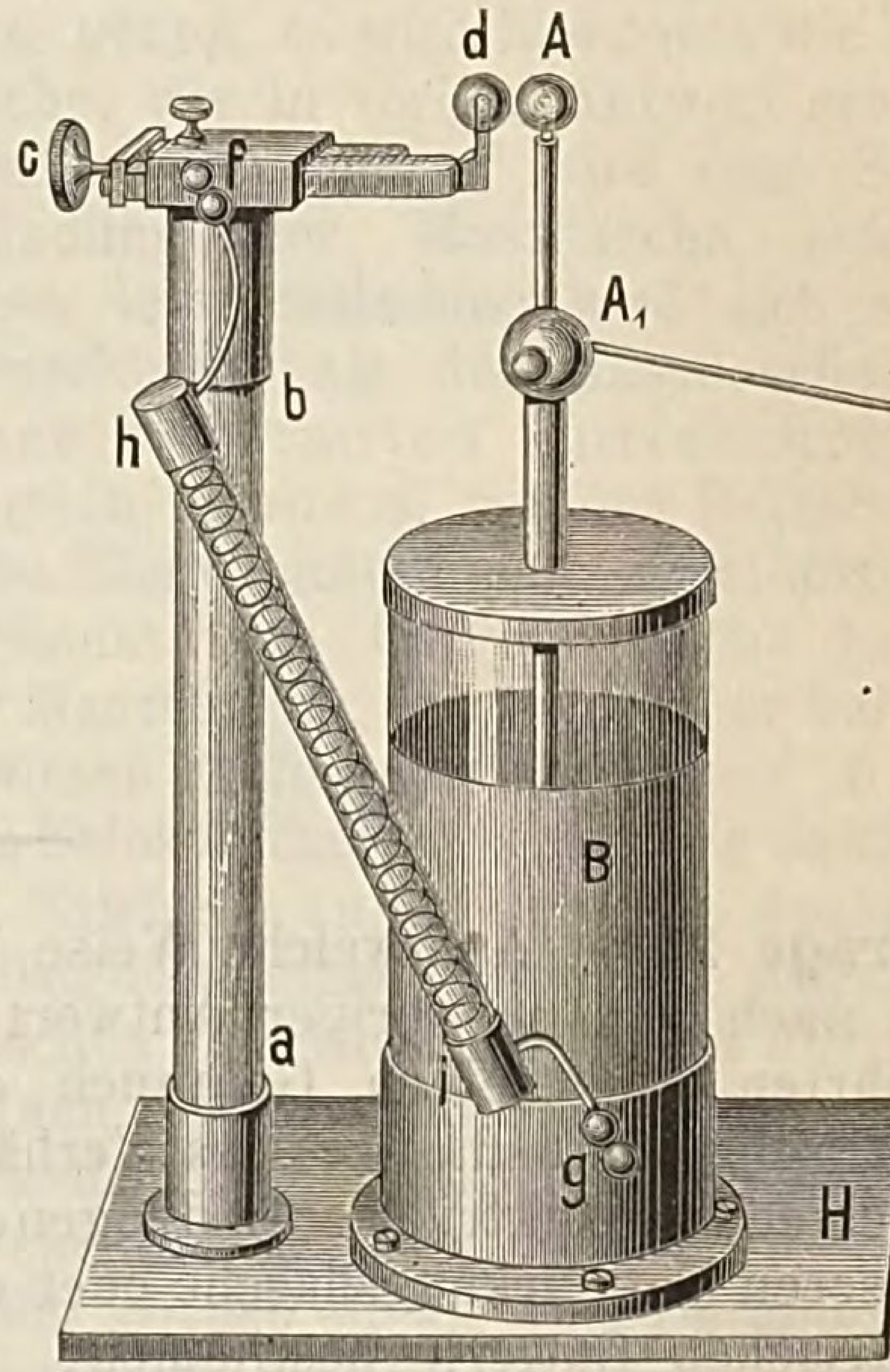
Auf der kupfernen Fussplatte *H* ist die Flasche *B*, deren äussere Belegung circa 1055,2 qcm (= $^1/_2$ par. Quadratfuss) Inhalt hat, und die isolierende Glassäule *ab* befestigt. An dem Zuleitungsdraht der inneren Belegung ist ausser der Kugel *A* noch die Kugel A_1 angebracht, welche beim Gebrauch mit der äusseren Belegung einer Batterie in Verbindung gesetzt wird. Die Kugel *A* ist um einen konischen Zapfen drehbar. Die Glassäule *ab* trägt einen mit einer Einteilung versehenen Schlitten, an welchem die der Kugel *A* gleiche Kugel *d* angebracht ist. Mittels der Führerschraube *c* kann man die Kugeln *d* und *A* in beliebige Entfernungen zu einander bringen. Die Verbindung der äusseren Belegung mit dem Schlitten, bezw. mit der Kugel *d* ist durch einen auf dem Glasstab *hi* aufgewundenen Platindraht von 1137 mm (= $3^1/_2$ par. Fuss) Länge und 0,1263 mm (= 0,056 par. Linien) Dicke, wie die Figur zeigt, hergestellt. Die Kugeln *A* und *d* sind gut polierte und gut abgedrehte Kupferkugeln, wie solche *Riess* am geeignetsten fand, damit jede Entladung bei derselben Elektricitätsmenge eintritt.

zu können. Das messingene Stäbchen *df* ist noch mit einer Einteilung versehen, um die Entfernung der beiden Kugeln *A* und *d* ablesen zu können (siehe die Erkl. 520 und 521).

Figur 161.



Figur 162.



Frage 202. Worin besteht im allgemeinen der Gebrauch einer elektrischen Massflasche und auf welchem Vorgang beruht derselbe?

Antwort. Der Gebrauch einer elektrischen Massflasche besteht im allgemeinen in folgendem:

Die Kugel d des Stäbchens df, siehe Figur 160, wird bis auf eine gewisse Entfernung dem Knopf A der Verstärkungsflasche B so genähert, dass die Mittelpunkte der Kugeln A und d mit der Achse des Stäbchens df in horizontaler Linie liegen; dann wird der Haken g mit dem Haken f durch einen Metalldraht oder durch eine Metallkette in leitende Verbindung gebracht und der Knopf A ebenfalls leitend mit einer Elektricitätsquelle, z. B. mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine verbunden. Wird nun die Elektrisiermaschine in Thätigkeit gesetzt, so findet folgender Vorgang statt:

Angenommen, es wird die innere Belegung A der Verstärkungsflasche durch die Maschine mit $+E$ geladen, so ladet sich die äussere Belegung B mit $-E$. Da nun B mit df in leitender Verbindung steht, so wird auch df, bezw. die Kugel d mit $-E$ geladen. Tritt nun der Fall ein, dass die auf A und d sich ansammelnden Elektricitäten eine solche elektrische Spannung erreicht haben, dass sie den Leitungswiderstand der Luft überwinden und sich vereinigen können, so findet von selbst eine Entladung der Flasche statt, was man daran erkennt, dass von A nach d ein kräftiger heller Funke überspringt. Diese Selbstentladung der Flasche findet so oft statt, als die Flasche bei derselben Entfernung der Kugeln A und d bis zu derselben Grenze geladen wird (siehe Erkl. 521).

Erkl. 521. Wie sich aus nebenstehender Antwort ergibt, beruht die Einrichtung und der Gebrauch der elektrischen Massflasche auf der schon früher erwähnten Selbstentladung einer Verstärkungsflasche.

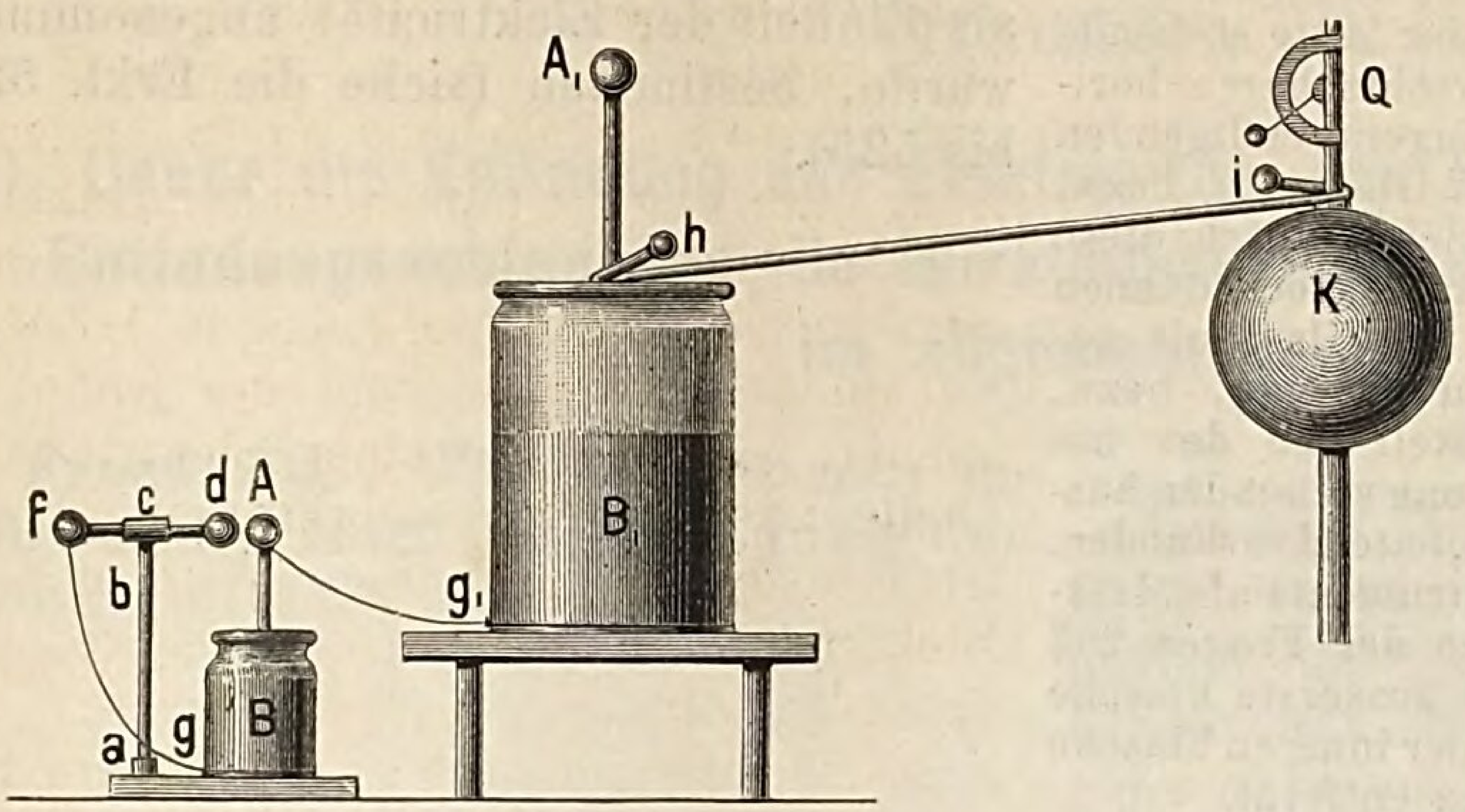
Frage 203. Auf welche Weise kann man nach dem in voriger Antwort angeführten allgemeinen Gebrauch einer elektrischen Massflasche das Verhältnis verschiedener elektrischer Ladungen einer grösseren Verstärkungsflasche oder einer elektrischen Batterie bestimmen?

Antwort. Um mittels einer elektrischen Massflasche das Verhältnis verschiedener elektrischer Ladungen einer grösseren Verstärkungsflasche oder einer elektrischen Batterie zu bestimmen, kann man wie folgt verfahren:

Man stellt die Batterie, oder wie in der Figur 163 eine grössere Verstärkungsflasche $A_1 B_1$ gut isoliert auf, verbindet die innere Belegung A_1 mit dem Konduktor K einer Elektrisiermaschine

Erkl. 522. Bei der in nebenstehender Antwort erwähnten Messung der einer Batterie zugeführten Elektricitätsmenge muss die Ladung der Batterie durch eine Elektrisiermaschine stetig erfolgen.

Figur 163.



und die äussere Belegung B_1 mit der inneren Belegung A einer Massflasche AB, deren äussere Belegung mit der Erde in gut leitender Verbindung steht.

Wird nun der inneren Belegung A_1 der Batterie eine gewisse Menge $+E$ zugeführt, so strömt die auf der äusseren Belegung B_1 hervorgerufene Influenzelektricität der 2ten Art, welche $+E$ ist und abgestossen wird, auf die innere Belegung A der Massflasche, da sie sich nicht über die Erde verbreiten kann, indem die Batterie isoliert aufgestellt ist.

Ist nun die Menge der durch Influenz erregten und auf der inneren Belegung der Massflasche übergeströmten $+E$ gross genug, so wird hierdurch die Massflasche, wie in voriger Antwort erwähnt, geladen und hierauf wird eine Selbstentladung der Massflasche erfolgen. Diese Selbstentladung wird sich so oft wiederholen, als der Massflasche, bei einer konstanten Entfernung der Kugeln A und d, von der Batterie dieselbe Elektricitätsmenge zugeführt wird.

Nimmt man die elektrische Ladung der Massflasche, bis zu welcher bei einer gewissen Entfernung der Kugeln A und d eine Selbstentladung derselben sattfindet, als Einheit an, so gibt die Anzahl der Selbstentladungen, bezw. die Anzahl der zwischen den Kugeln A und d überspringenden Funken, die in diese Einheit ausgedrückten Elektricitätsmengen an, welche der Batterie zugeführt wurden, indem ebenso oft als eine Entladung der Massflasche stattfindet, bezw. ebenso oft als ein und dieselbe Elektricitätsmenge von der äusseren Belegung der Batterie zur inneren Belegung der Massflasche übergegangen ist, so oft auch der inneren Belegung A_1 der Batterie die gleiche Elektricitätsmenge wieder zugeführt werden muss. Man kann also hiernach das Verhältnis der einer Batterie zugeführten

Erkl. 523. Sollen nach dem in nebenstehender Antwort erwähnten Verfahren Elektricitätsmengen gemessen werden, so muss, wie vorausgesetzt, jede Selbstentladung der Massflasche bei einer und derselben Elektricitätsmenge erfolgen. Hierzu ist aber vor allem nötig, dass die Massflasche da, wo der Funke überspringt, vollkommen ist, d. h. dass die Kugeln A und d, siehe Figur 163, vollkommen rund und gut poliert sind.

Nach der Angabe von *Riess* (siehe die Erkl. 520) sollen kupferne Kugeln, welche mit Oel und Zinnasche poliert wurden, hierzu am geeignetsten sein.

Erkl. 524. Bei den in nebenstehender Antwort erwähnten Messungen mit der Massflasche muss man, wie bei allen Verstärkungsflaschen, den elektrischen Rückstand (das elektrische Residuum) berücksichtigen.

Dies kann man teilweise dadurch, dass man vor den Messungen die Flasche erst einmal ladet und dann einfach wieder entladet, wodurch der elektrische Rückstand schon bei der ersten darauffolgenden Ladung, welche zur Messung dient, vorhanden ist und deshalb bei Bestimmung des Verhältnisses elektrischer Ladungen mittels dieser Massflasche berücksichtigt ist.

Erkl. 525. Durch die Figur 164 ist eine nach Dr. *Weinhold* von dem Mechanikus *Wesselhöft* in Halle angefertigte Massflasche mit doppelter Flasche dargestellt. Die Einrichtung derselben besteht in folgendem:

Auf einem eisernen Fussgestell sind, wie diese Figur zeigt, zwei Verstärkungsflaschen und eine isolierende Glassäule befestigt. Die äusserste Flasche und die Glassäule tragen hori-

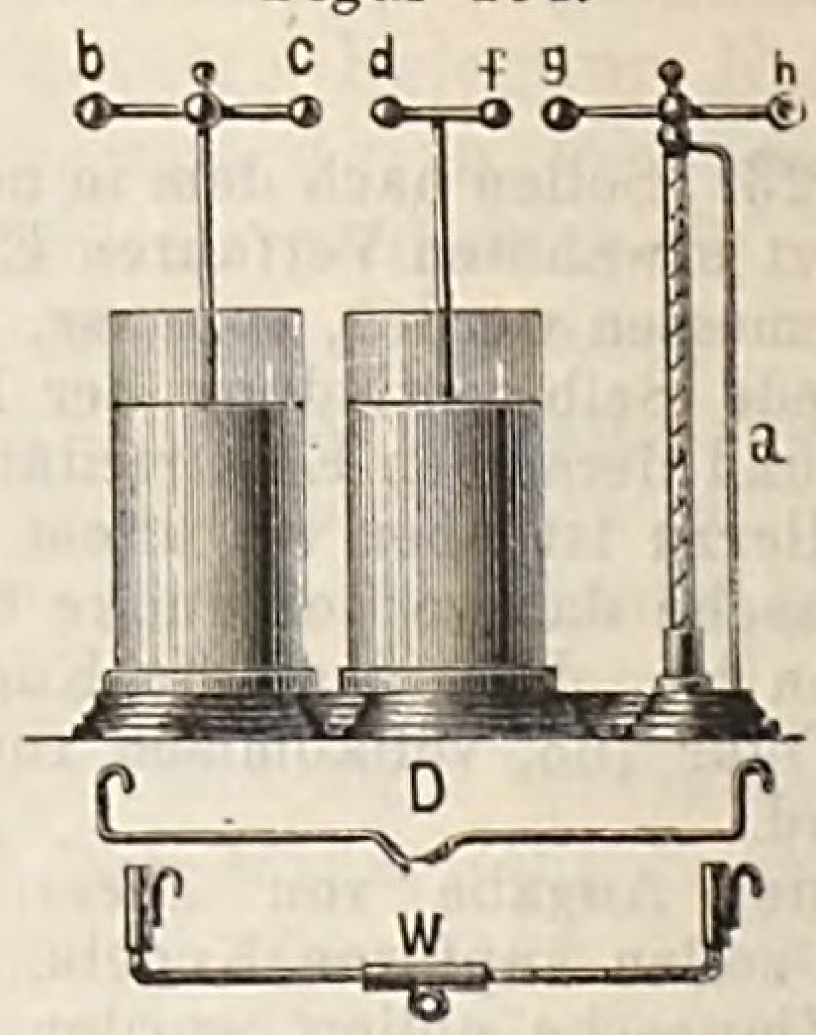
zontale, in Kugeln endigende Messingstäbchen, welche verschiebbar sind und mittels Klemmschrauben festgestellt werden können. Das Stäbchen auf der Glassäule ist mit einer Millimeterskala versehen. Die in der Mitte stehende Flasche trägt einen nicht verschiebbaren horizontalen und ebenfalls in Kugeln endigenden Stab. Die obere Fassung der Glassäule, bezw. das horizontale Stäbchen, welches durch diese Säule getragen wird, ist mittels eines dünnen Drahts, der spiralförmig um die Glassäule gewunden ist, mit der unteren Fassung, bezw. mit dem metallenen Fussgestell und den mit letzterem in leitender Verbindung stehenden äusseren Belegungen der Flaschen, leitend verbunden. Bei dem Gebrauch dieses Instruments als Massflasche, wie in den Antworten der Fragen 202 und 203 angegeben, wird die äusserste Flasche ohne leitende Verbindung mit der inneren Flasche gelassen, bezw. sie wird ganz entfernt.

Der durch die Figur 164 dargestellte Apparat dient ferner auch für den Knochenhauer-Oettingerschen Versuch zum Nachweis der oscillierenden Entladung.

Zu diesem Zweck wird, wie die Figur zeigt, ein starker, federnder Draht *a* so angebracht, dass er wie jener die Glassäule umwindende Draht die obere Fassung der Glassäule mit der unteren Fassung leitend verbindet. Dann wird der horizontale Querstab *gh* so gestellt, dass die Kugel *g* circa 10 mm von der Kugel *f* absteht, ebenso wird der horizontale Querstab *bc* so gestellt, dass die Kugel *c* circa 18 mm von der Kugel *d* absteht und mit dem Reibzeug einer Elektrisiermaschine oder mit einer Elektrode einer Influenzmaschine in leitende Verbindung gesetzt. Hierauf wird einmal der Drahtbügel *D*, ein andermal der Bügel *W*, welcher aus einer mit Wasser gefüllten und mit Messingfassungen versehenen Glasröhre besteht, mit den daran angebrachten Haken auf die Querstäbe der beiden Flaschen gehängt und in beiden Fällen die in den Mitten jener Bügel angebrachten Oesen leitend mit dem Konduktor der Elektrisiermaschine, bezw. mit der andern Elektrode der Influenzmaschine verbunden. Wird nun die Maschine in Bewegung gesetzt und der Drahtbügel *D* ist aufgehängt, so finden Selbstentladungen der durch die zwei Flaschen gebildeten Batterie statt und es springen zwischen den zunächst stehenden Kugeln *f* und *g* Funken über. Wird hingegen der Wasserbügel *W* an den Flaschen aufgehängt, so finden auch Selbstentladungen wie vorhin statt, es springen aber auch gleichzeitig zwischen den Kugeln *c* und *d* Funken über, woraus sich schliessen lässt, dass hierbei eine der Flaschen eine der ursprünglichen Ladung entgegengesetzte Ladung angenommen haben muss. Wie in einem späteren Kapitel gezeigt wird, kann man hiermit die sogen. oscillierende Entladung nachweisen.

Elektricitätsmenge zu der Elektricitätsmenge, bei welcher eine Entladung der Massflasche stattfindet und welche vorhin als Einheit der Elektricität angenommen wurde, bestimmen (siehe die Erkl. 522 bis 525).

Figur 164.



17). Ueber die elektrischen Entladungen und deren Wirkungen.

a). Ueber die Entladung der Elektricität, den Entladungsstrom, den Entladungsschlag und die Wirkungen elektrischer Entladungen im allgemeinen.

Frage 204. Was versteht man im allgemeinen unter der Entladung der Elektricität?

Antwort. Unter der Entladung der Elektricität versteht man im allgemeinen die Vorgänge, nach welchen die Elektricität eines Körpers teilweise oder ganz auf einen andern Körper übergeht, bezw. neutralisiert oder von demselben abgeleitet wird.

Frage 205. Welche zwei Arten der Elektricitätsentladung unterscheidet man nach *Faraday* und worin bestehen beide Arten?

Erkl. 526. Das Wort disruptiv kommt vom lat. dis-rumpo, d. h. auseinanderreissen oder zerschneiden.

Erkl. 527. Das Wort konvektiv kommt vom lat. convecta, convectare, d. h. wieder und wiederzusammenbringen.

Erkl. 528. Beispiele disruptiver Entladungen sind folgende:

a). Nähert man einem elektrisierten Körper, z. B. dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, einen mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Leiter, so findet eine Entladung des Konduktors in Form eines elektrischen Funkens statt.

b). Bringt man die innere Belegung einer Leydener Flasche mit der äusseren Belegung mittels eines Ausladers in leitende Verbindung, so erfolgt eine Entladung beider Belegungen in Form eines elektrischen Funkens.

Erkl. 529. Beispiele konvektiver Entladungen sind:

a). Die Entladung eines mit einer Spitze oder mit einer Flamme versehenen isolierten elektrisierten Körpers.

b). Die allmähliche Zerstreuung der Elektricität in die umgebende Luft.

Erkl. 530. Die Entladungen der Elektricität werden auch eingeteilt:

a). in kontinuierliche und

b). in diskontinuierliche Entladungen.

Unter den kontinuierlichen Entladungen hat man im allgemeinen, wie schon der Name sagt,

Antwort. Nach *Faraday* unterscheidet man zwei Arten der Elektricitätsentladung, nämlich:

a). die disruptive Entladung und

b). die konvektive Entladung.

Die disruptive (siehe Erkl. 526) Entladung besteht darin, dass wenn man einem elektrisierten Körper einen mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Leiter, oder einen mit entgegengesetzter Elektricität geladenen Körper nähert, eine plötzliche, mit Schall und Lichterscheinung begleitete, meist vollständige Entladung jenes elektrisierten Körpers stattfindet (siehe Erkl. 528).

Die konvektive (siehe Erkl. 527) Entladung, auch elektrische Konvektion genannt, besteht darin, dass sich die Elektricität eines elektrisierten Körpers materiellen Teilchen, wie z. B. Luft- und Gasteilchen mitteilt, und dass diese materiellen Teilchen als gleichnamig elektrisch abgestossen werden, um andern Platz zu machen, wodurch die Elektricität jenes elektrisierten Körpers nach und nach weggeführt wird (siehe die Erkl. 529 und 530).

solche Entladungen zu verstehen, bei welchen der Entladungsstrom (siehe Antw. der Frage 206) in stetiger Weise stattfindet; im Gegensatz hierzu hat man unter diskontinuierlichen Entladungen solche zu verstehen, bei welchen der Entladungsstrom plötzlich und stossweise auftritt.

Frage 206. Was versteht man im allgemeinen unter dem sogen. Entladungsstrom?

Antwort. Wird ein isolierter und elektrisierter Körper A mit einem isolierten unelektrischen Leiter B in leitende Verbindung gebracht, so wird dieser Leiter B elektrisch und jener elektrisierte Körper A verliert von seiner Elektricität; es scheint also, als ob ein Teil der Elektricität jenes Körpers A auf den Leiter B übergeströmt sei, als ob sich die Elektricität des Körpers A von demselben auf den Leiter B hinbewegt hätte, und diese so bewegt gedachte Elektricität nennt man, weil hierdurch dem elektrisierten Körper A ein Teil seiner Elektricität, oder wenn der Leiter B nicht isoliert ist, sondern mit der Erde in leitender Verbindung steht, seine ganze Elektricität entzogen wird, einen Entladungsstrom im allgemeinen. Wie sich aus den Erkl. 531—535 ergibt, findet bei jeder Entladung ein doppelter Entladungsstrom statt.

Erkl. 531. Bringt man zwei mit entgegengesetzter Elektricität geladene Körper mittels eines Leitungsdrahts oder eines sogenannten Schliessungsbogens in leitende Verbindung, so findet ein doppelter Entladungsstrom statt, indem die beiden entgegengesetzten Elektricitäten infolge ihrer gegenseitigen Anziehung in den Leitungsdraht übergehen, einander entgegenströmen und sich so neutralisieren (siehe die Erkl. 532).

Erkl. 532. Obgleich man bei einer Entladung meist nur von einem Entladungsstrom spricht, der eine bestimmte Richtung hat, so ist doch anzunehmen, dass bei jeder Entladung ein doppelter Entladungsstrom stattfindet. Zur Erklärung dieses mögen folgende Beispiele dienen:

a). Verbindet man z. B. mittels eines Leitungsdrahts den Konduktor einer Elektrisiermaschine mit dem Reibzeug und setzt die Maschine in Thätigkeit, so wird die Maschine geladen und auch wieder sofort entladen, indem die in jedem Augenblick auf dem Konduktor erregte $+E$ über den Leitungsdraht zum Reibzeug strömt, und die auf dem Reibzeug erregte $-E$ ebenfalls über den Leitungsdraht zu dem Konduktor strömt und auf diesem Wege eine Neutralisierung beider Elektricitäten stattfindet.

b). Bringt man die Elektroden einer Influenzmaschine in Berührung und setzt die Maschine in Thätigkeit, so findet in ähnlicher Weise ein doppelter Entladungsstrom statt (siehe Antw. der Frage 119).

c). Verbindet man mittels eines Leitungsdrahts die innere und die äussere Belegung einer Verstärkungsflasche oder einer Batterie miteinander und ladet die Flasche, so findet in ähnlicher Weise ein doppelter Entladungsstrom über den Leitungsdraht statt.

d). Wie in Antwort der Frage 87 erwähnt, ist die Elektrisierung eines Körpers durch Mitteilung (siehe nebenstehende Antwort) nichts andres als Elektricitätserregung durch Influenz, indem bei Annäherung eines Leiters an einen elektrisierten Körper in ersterem beide Influenzelektricitäten erregt werden, von welchem die eine über die Erde abgeleitet wird. Bei der Entladung eines elektrisierten Körpers durch einen mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Körper muss man deshalb, ähnlich wie bei den vorher erwähnten Beispielen, einen doppelten Entladungsstrom annehmen.

Erkl. 533. Bei einer jeden Entladung bezeichnet man als die Richtung des Entladungsstroms, welcher nach der Erkl. 532 stets ein doppelter ist, die Richtung desjenigen Teilstroms, welcher von der stärkeren Elektricitätsquelle nach der schwächeren hingeht, indem ein Ausgleich beider Elektricitäten stets vorherrschend von der stärkeren nach der schwächeren Elektricitätsquelle hin stattfindet. Da z. B. die innere Belegung einer Batterie oder Verstärkungsflasche stets eine grössere Menge Elektricität als die äussere Belegung enthält (siehe Antw. der Frage 148) und gewöhnlich mit $+E$ geladen ist, und da ebenso der Hauptkonduktor einer Elektrisiermaschine ebenfalls gewöhnlich mit $+E$ geladen ist und eine grössere Elektricitätsmenge als das Reibzeug oder der Nebenkonduktor enthält, so sagt man auch oft: die Richtung des Entladungsstroms ist die, nach welcher sich die $+E$ bewegt.

Erkl. 534. Die Richtung des Entladungsstroms bei einer disruptiven Entladung wird durch die Richtung gekennzeichnet, nach welcher sich der den Entladungsschlag begleitende Entladungsfunke bewegt.

Erkl. 535. Theoretisch-mathematische Entwicklungen, mittels welcher gezeigt werden kann, auf welche Weise Entladungsströme entstehen und verlaufen, hat Professor *Helmholtz* in Berlin in seiner Abhandlung „Die Erhaltung der Kraft“, Berlin 1847, gegeben.

Frage 207. Wann findet ein sogen. Entladungsschlag statt?

Antwort. Ein Entladungsschlag, das ist nach Antwort der Frage 68 die gewaltsame, mit Schall und Licht begleitete Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten, findet bei einer jeden disruptiven Entladung statt (siehe Antwort der Frage 205).

Frage 208. Wodurch unterscheidet sich im allgemeinen der Entladungsschlag, welcher bei der Entladung eines isolierten elektrischen Körpers, z. B. bei der Entladung des Konduktors einer Elektrisier- oder Influenzmaschine stattfindet, von demjenigen, welcher bei der Entladung einer elektrischen Flasche oder Batterie stattfindet?

Erkl. 536. In nebenstehender Antwort ist der Grund enthalten, warum man die Konduktoren von Elektrisiermaschinen und die Elektroden von Influenzmaschinen meist mit den Belegungen von zwei Verstärkungsflaschen in Verbindung bringt, indem man hierdurch Entladungsschläge von kräftigeren Wirkungen erzielt (siehe die Figuren 65, 68 und 78).

Antwort. Der Entladungsschlag, welcher bei der Entladung eines isolierten Körpers, z. B. bei der Entladung des Konduktors einer Elektrisier- oder Influenzmaschine stattfindet, unterscheidet sich von demjenigen, welcher bei der Entladung einer elektrischen Flasche oder einer elektrischen Batterie stattfindet, wesentlich dadurch, dass letzterer eine grössere Intensität seiner Wirkungen zeigt und dass der den Ent-

Erkl. 537. Während der Entladungsfunke einer elektrischen Batterie in der atmosphärischen Luft stets glänzend weiss ist, neigt der schwächere Funke des Konduktors einer Elektrisiermaschine zu gewissen Färbungen zu, die abhängig sind von der Art der Metalle, zwischen welchen der Funke übergeht.

Erkl. 538. Die in nebenstehender Antwort erwähnten Unterschiede zwischen dem Entladungsschlag einer Batterie und dem des Konduktors einer Elektrisiermaschine haben ihren Grund darin, dass bei dem Entladungsschlag einer Batterie grössere Mengen von entgegengesetzten Elektricitäten zur Vereinigung kommen, während bei dem Entladungsschlag des Konduktors einer Elektrisiermaschine dies weniger der Fall ist, dass dafür aber die sich vereinigenden Elektricitäten bedeutend grössere Spannungen haben.

Erkl. 539. Die Unterschiede zwischen den Wirkungen des Entladungsschlags einer Batterie und denjenigen des Konduktors einer Elektrisiermaschine kann man bei der Ausführung der in nachfolgenden Abschnitten angeführten Experimente sehr leicht erkennen.

ladungsschlag einer Verstärkungsflasche oder Batterie begleitende elektrische Funke heller und glänzender ist, also mehr Lichtstärke hat als der elektrische Funke, welcher den Entladungsschlag des Konduktors einer Elektrisiermaschine begleitet; dass hingegen die sogenannte Schlagweite (siehe Antw. der Frage 69), in welcher noch ein Entladungsschlag aus dem Konduktor einer Elektrisiermaschine erhalten werden kann, bedeutend grösser ist als diejenige, in welcher der Entladungsschlag zwischen der inneren und der äusseren Belegung einer elektrischen Flasche oder Batterie überhaupt stattfinden kann (siehe die Erkl. 536—539).

Frage 209. In welche Hauptgruppen kann man die Wirkungen der elektrischen Entladungen im allgemeinen einteilen?

Antwort. Die Wirkungen der elektrischen Entladungen im allgemeinen kann man in folgende Hauptgruppen einteilen:

1). in physiologische Wirkungen,
2). in mechanische Wirkungen,
3). in thermische oder Wärmewirkungen,
4). in optische oder Lichtwirkungen,
5). in chemische Wirkungen,
6). in magnetische Wirkungen und
7). in elektrische Wirkungen.

(Siehe die Erkl. 540.)

Erkl. 540. Betrachtet man nur speziell die Wirkungen der Entladungen elektrischer Verstärkungsflaschen oder Batterien, so kann man die in nebenstehender Antwort aufgeführten Gruppen, in welchen die Wirkungen der elektrischen Entladungen im allgemeinen eingeteilt sind, in zwei Abteilungen zusammenfassen, nämlich

1). in solche Wirkungen, welche innerhalb des Schliessungsbogens der inneren und äusseren Belegung oder auch an den Unterbrechungsstellen (den Polen, siehe Erkl. 541) des Schliessungsbogens auftreten und

2). in solche Wirkungen, welche ganz ausserhalb des Schliessungsbogens auftreten.

Zu den unter 1). erwähnten Wirkungen gehören die physiologischen, die mechanischen, die chemischen, die thermischen und optischen Wirkungen, von welchen die chemischen und optischen Wirkungen meist nur an den Unterbrechungsstellen auftreten.

Zu den unter 2). erwähnten Wirkungen gehören die magnetischen und elektrischen Wirkungen.

Erkl. 541. Die freien Enden solcher Leitungsdrähte, welche mit den beiden Belegungen einer Verstärkungsflasche oder Batterie, oder welche auch mit zwei andern entgegengesetzten Elektricitätsquellen verbunden sind und welche bei gegenseitiger Berührung oder Annäherung jener Enden den sogenannten Schliessungsbogen,

Schliessungskreis bilden, heissen die Unterbrechungsstellen, indem durch Vergrösserung der Entfernung beider Enden der Entladungsstrom unterbrochen werden kann; oft werden diese freien Enden auch Pole genannt, und zwar heisst das freie Ende des mit der + Elektricitätsquelle verbundenen Drahts positiver Pol, das andere der negative Pol (siehe Kleyers Lehrb. des Galvanismus).

b). Ueber die physiologischen Wirkungen elektrischer Entladungen.

Frage 210. Was versteht man unter den physiologischen Wirkungen elektrischer Entladungen im allgemeinen und worin bestehen die einzelnen physiologischen Wirkungen?

Erkl. 542. Ausführliches über den elektrischen Funken und die elektrischen Lichterscheinungen findet man in den Antworten der Fragen 219 und 220, welche über die optischen Wirkungen elektrischer Entladungen handeln.

Erkl. 543. Will man die Wirkung der elektrischen Entladungen in bezug auf den Geschmack prüfen, so kann man auch, anstatt die Zunge in die Nähe einer Elektricität ausströmenden Spitze zu bringen, ein Metallgefäss mit Wasser füllen, dasselbe mit dem + oder — Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitende Verbindung setzen und dann die Zunge in das Wasser bringen.

Erkl. 544. Der Geschmack, welchen man empfindet, wenn man Elektricität auf die Zunge strömen lässt (siehe auch Erkl. 543), rührt jedenfalls von der in der umgebenden Luft durch die Entladung sich bildenden Salpetersäure und dem sogenannten Ozon her (siehe Erkl. 545).

Erkl. 545. Näheres über die Ozonbildung durch die Elektricität findet man in der Antwort der Frage 224, welche über die chemischen Wirkungen der elektrischen Entladungen handelt.

Erkl. 546. Das Sträuben der Haare bei dem nebenstehenden unter a). angeführten Experiment findet nur dann statt, wenn die Haare nicht zu lang, nicht feucht und nicht pomadisiert sind.

Erkl. 547. Das Auseinanderstehen der Haare bei dem nebenstehenden unter a). erwähnten und durch die Figur 165 dargestellten Experiment kann man sich dadurch erklären, dass der menschliche Körper, somit auch die einzelnen Kopfhaare durch Mitteilung gleichnamig elektrisch werden und sich infolgedessen gegen-

Antwort. Unter den physiologischen Wirkungen elektrischer Entladungen versteht man im allgemeinen die Wirkungen, welche elektrische Entladungen auf den lebenden Körper ausüben. Solche Wirkungen kann man wahrnehmen:

1). durch das Gesicht,
2). durch das Gehör,
3). durch den Geschmack,
4). durch den Geruch und
5). durch das Gefühl.

Die Wirkungen elektrischer Entladungen, welche der lebende Körper durch das Gesicht wahrnimmt, bestehen in den die meisten elektrischen Entladungen begleitenden elektrischen Funken und ähnlichen andern Lichterscheinungen (siehe Erkl. 542).

Die Wirkungen elektrischer Entladungen, welche der lebende Körper durch das Gehör wahrnimmt, bestehen in dem die meisten elektrischen Entladungen begleitenden knisternden oder zischenden Geräusch und dem den Entladungsschlag begleitenden Knall oder Schlag. Die Stärke des einen Entladungsschlag begleitenden Knalls ist abhängig von der Natur des Gases, in welchem der Entladungsschlag stattfand. So ist er z. B. im Stickstoff laut und hell, im Wasserstoff nur schwach.

Die Wirkungen elektrischer Entladungen, welche der lebende Körper durch den Geschmack wahrnimmt, bestehen darin, dass man einen sauren Geschmack empfindet, wenn man aus einer Spitze $+E$ auf die Zunge strömen lässt, dass

seitig abstossen. Dieses Experiment gehört auch zu den in Antwort der Frage 212 erwähnten Experimenten.

Erkl. 548. Bei dem nebenstehend unter a). erwähnten Experiment kann man aus dem isolierten und elektrischen menschlichen Körper Funken ziehen.

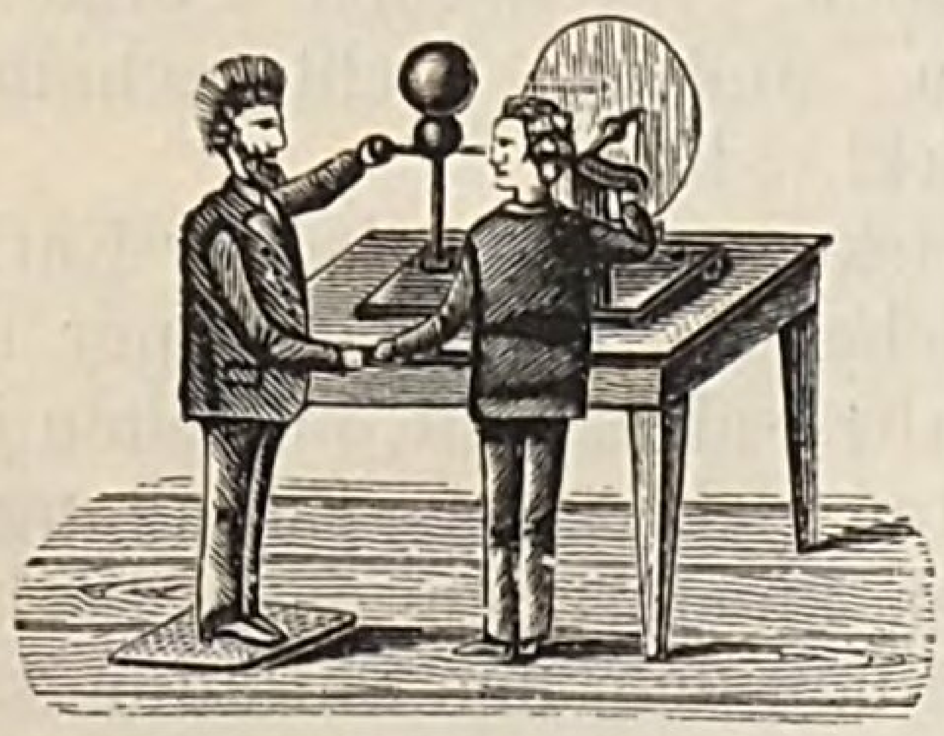
Erkl. 549. Bei dem nebenstehend unter a). erwähnten Experiment kann man die Erfahrung wahrnehmen, dass die Haut eines isolierten elektrisierten menschlichen Körpers stärker ausdünstet, als dies im gewöhnlichen Zustand der Fall ist.

Dass dies nicht eine Folge der gemütlichen Aufregung ist, bewies *Peltier* dadurch, indem er nachwies, dass aus einem elektrisierten und mit Wasser gefüllten Gefäss mehr Wasser verdunstet, als aus einem gleichen und derselben Temperatur ausgesetzten Gefäss, das nicht elektrisiert ist.

Erkl. 550. Das Gefühl, das man bei dem nebenstehend unter b). erwähnten Experiment empfindet, vergleicht *Hauksbee*, der dieses Gefühl zuerst empfunden, mit einer Reizung der Haut durch feine Härchen.

Erkl. 551. Bei dem nebenstehend unter b). erwähnten Experiment darf man das Gesicht nicht zu nahe an den Konduktor bringen, damit nicht wie bei dem nebenstehend unter c). erwähnten Experiment ein Funke überspringt.

Figur 165.



Erkl. 552. Aus dem nebenstehend unter e). erwähnten Experiment ergibt sich, dass wenn der Entladungsschlag dadurch verzögert wird, dass er durch einen Halbleiter gehen muss, der örtliche Schmerz gesteigert werden kann und dass dieser Schmerz von einer beginnenden Verletzung der Haut herrührt, wie das unter h). erwähnte Experiment auch darthut.

Erkl. 553. Werden mehrere Personen nach dem nebenstehend unter f). angegebenen Experiment elektrisiert, so empfinden gewöhnlich die äusseren Personen die Wirkung kräftiger als die mittleren. Im allgemeinen ist jedoch die

man hingegen einen mehr laugenhaften Geschmack empfindet, wenn man aus einer Spitze $-E$ auf die Zunge strömen lässt (siehe die Erkl. 543 und 544).

Die Wirkungen elektrischer Entladungen, welche der lebende Körper durch den Geruch wahrnimmt, bestehen darin, dass man in der Nähe einer stark wirkenden Elektrisiermaschine einen eigentümlichen phosphorähnlichen Geruch wahrnimmt, der von dem durch die ausströmende Elektricität gebildeten Ozon herrührt (siehe Erkl. 545).

Die Wirkungen elektrischer Entladungen, welche der lebende Körper durch das Gefühl wahrnimmt, kann man in zwei Klassen einteilen. Zur ersten Klasse kann man die Wirkungen zählen, die sich nur auf der äusseren Haut bemerkbar machen; zur zweiten Klasse kann man diejenigen Wirkungen zählen, durch welche Erschütterungen des Nervensystems hervorgerufen werden, die gleichzeitig mit grösseren oder geringeren örtlichen Schmerzen verbunden sind.

Die Wirkungen elektrischer Entladungen, welche sich nur auf der äusseren Haut bemerkbar machen, bestehen unter anderm in folgendem:

a). Nimmt man ein sogen. elektrisches Bad, d. h. stellt man sich z. B. auf einen Isolierschemel, siehe Figur 165, oder auf eine Ebonitplatte, oder zieht Gummischuhe an, oder isoliert sich auf irgend eine andre Weise von der Erde und legt die Hand auf den Konduktor einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine, oder bringt man den menschlichen Körper auf irgend eine andre Weise so mit einer Elektricitätsquelle in Verbindung, dass er als guter Leiter durch Mitteilung elektrisch wird, so empfindet man ein Aufsträuben der Haare und eine gewisse Spannung der Haut (siehe die Erkl. 546—549).

b). Bringt man in die Nähe eines stark elektrisierten Körpers, z. B. in die Nähe des Konduktors einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine das Gesicht oder die flache Hand, so hat man das Gefühl, als ob man ein Spinnengewebe berühre (siehe die Erkl. 550 und 551).

Empfindlichkeit der einzelnen Personen gegen den Entladungsschlag sehr verschieden. So kommt es vor, dass Frauen und Kinder durch den Entladungsschlag weniger erschüttert werden, als kräftige Männer.

Stehen die sich fassenden Personen auf einem feuchten Rasen, so empfinden meist nur die beiden äussersten Personen den Erschütterungsschlag, indem die entgegengesetzten Elektricitäten von diesen beiden Personen sofort auf die besser leitende Erde übergeführt werden.

Erkl. 554. Dass der elektrische Entladungsschlag, welchen der lebende Körper nach den unter c). bis g). erwähnten Experimenten empfängt, nur auf das Nervensystem wirkt, erkennt man daran, dass bei Tieren und Menschen, welche mittels eines Entladungsschlags, bezw. welche vom Blitz erschlagen wurden, keine Verletzung innerer Organe nachgewiesen werden konnte, dass aber solche lebende Wesen, welche von heftigen Schlägen getroffen wurden, ohne sofort getötet worden zu sein, heftige Zuckungen machten.

Erkl. 555. Der Grund, warum man einen Entladungsschlag besonders in den Finger-, Hand- oder Armgelenken spürt, kann nicht genau festgestellt werden. Es kann dies davon herrühren, dass die Gelenkhäute die Elektricität schlechter leiten, es kann aber auch eine Folge der in Antw. der Frage 214 erwähnten auseinandertreibenden Kraft des Entladungsschlages sein.

Erkl. 556. Zum Töten kleinerer Tiere, als Vögel und Mäuse, genügt eine Verstärkungsflasche von circa 80 qdm Belegung; zum Töten von Katzen und Hunden muss man schon eine Verstärkungsflasche oder Batterie von circa 300 qdm Belegung haben.

Erkl. 557. Bei den physiologischen Wirkungen, welche die elektrischen Entladungen auf das Gefühl ausüben, ist schwer zu entscheiden, welche der stattfindenden Erscheinungen vom direkten Nervenreiz herrühren, welche durch andere Vorgänge und welche durch die Gemütsaufregung hervorgerufen werden.

Erkl. 558. Die Schleimhäute des Mundes und der Nase sollen durch die Einwirkung der Elektricität, welche z. B. aus Spitzen ausströmt, entzündet werden. Desgleichen soll mit dem Auge stattfinden.

Erkl. 559. Ausführliches über die Wirkungen der elektrischen Ladungen auf den lebenden Körper findet man in Kleyers Lehrbuch der Elektrotherapie.

Erkl. 560. In physikalischen Kabinetten findet man häufig einen elektrischen Apparat, unter dem Namen der e l e k t r i s c h e B l u m e n t o p f bekannt. Dieser Apparat besteht aus

Die Wirkungen elektrischer Entladungen, welche sich in einer **Erschütterung des Nervensystems bemerkbar machen**, bestehen unter anderm in folgendem:

c). Bringt man in die Nähe des Konduktors einer Elektrisiermaschine einen Teil des menschlichen Körpers, z. B. einen Finger, so erhält man einen eigentümlichen Stoss oder Stich. Dieser Stich wird schmerzhafter, wenn der Entladungsschlag aus einer mit dem Konduktor verbundenen Spitze übergeht. Eine fortgesetzte Wiederholung dieses Experiments verursacht einen lokalen lähmenden Schmerz, der sich auf Finger, Hand und Arm ausbreiten kann.

d). Berührt man mit der einen Hand die äussere Belegung einer nicht zu grossen und nicht zu stark geladenen Verstärkungsflasche, mit der andern Hand die innere Belegung, so findet eine Entladung der Flasche statt und man empfindet in den Handwurzeln, Ellenbogen, bei kräftigeren Ladungen auch in den Schultergelenken und in den Brustmuskeln eine heftige, mit unwillkürlichen Zuckungen verbundene Erschütterung, die jedoch an sich wenig schmerzhaft ist.

e). Lässt man bei dem vorstehend unter d). erwähnten Experiment den Entladungsschlag durch einen sogen. Halbleiter gehen, ehe er durch den menschlichen Körper geht, indem man z. B. in die eine Hand ein Stückchen Holz nimmt und mit demselben die innere Belegung der Verstärkungsflasche in Berührung bringt, so empfindet man eine weniger heftige Erschütterung aber einen starken schneidenden Schmerz (siehe Erkl. 552).

f). Bilden mehrere Personen eine Kette, indem sie sich der Reihe nach die Hände fassen, und die erste Person berührt die äussere, die letzte die innere Belegung einer und derselben Verstärkungsflasche, so empfinden sämtliche Personen auf einmal den elektrischen Entladungsschlag (siehe Erkl. 553).

g). Sehr kräftige Entladungsschläge können bei Menschen und grösseren Tieren Lähmungen, Blutspeien und selbst den Tod zur Folge haben, weshalb auch

einer Verstärkungsflasche, die so mit farbigen Verzierungen und künstlichen Blumen umgeben ist, dass das Ganze das Aussehen eines Blumentopfs hat und dass man die Verstärkungsflasche nicht erkennt. Ist dieselbe nicht zu stark geladen und man gibt dieselbe jemand in die Hand, damit er an den Blumen riechen möge, so erhält er auf seine Nase einen elektrischen Schlag. *Lichtenberg* sagt über dieses Experiment, dass der Experimentator für dieses überraschende Experiment einmal ein paar Ohrfeigen bekommen könne.

Erkl. 561. Lässt man den Entladungsschlag einer kräftigen Batterie durch ein mit Wasser gefülltes Gefäss gehen, dessen Wandungen aus einer isolierenden Substanz bestehen und an welchen zwei gegenüberstehende Metallplatten angebracht sind, die mittels Metalldrähten mit den Belegungen einer Batterie in Verbindung gesetzt werden können, so geht jener Entladungsschlag durch das Wasser hindurch und lebende Fische, welche in das Wasser gesetzt, werden betäubt oder getötet.

bei der Entladung stark geladener Verstärkungsflaschen und elektrischer Batterien die grösste Vorsicht anzuempfehlen ist. Kleinere Tiere können schon mittels des Entladungsschlags einer schwach geladenen Verstärkungsflasche getötet werden.

h). Lässt man Entladungsschläge auf eine und dieselbe Stelle des Körpers öfter hintereinander übergehen, oder entzieht man dem isolierten und elektrisierten Körper an einer und derselben Stelle öfter hintereinander elektrische Funken, so bilden sich Blasen, die in Geschwüre übergehen können (siehe die Erkl. 554—561).

c). Ueber die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen.

Frage 211. Was versteht man unter den mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen im allgemeinen?

Antwort. Unter den mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen im allgemeinen versteht man solche Wirkungen, durch welche

1). feste und flüssige Körper in Bewegung gesetzt,
2). Flüssigkeiten auseinandergesprengt,
3). Luft und Gase expandiert,
4). schlechte Leiter durchbohrt oder zertrümmert,
5). das Glühen und Schmelzen von Drähten eingeleitet und
6). die Staub- und Hauchfiguren, ebenso die Staub- und Hauchbilder hervorgerufen werden.

α). Ueber die Bewegung von Körpern infolge elektrischer Entladungen.

Frage 212. Durch welche Experimente kann man die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen in bezug auf die Bewegung von Körpern zeigen?

Antwort. Die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen in bezug auf die Bewegung von Körpern kann man unter anderm mittels folgender, allgemein bekannter Experimente nachweisen (siehe Erkl. 562):

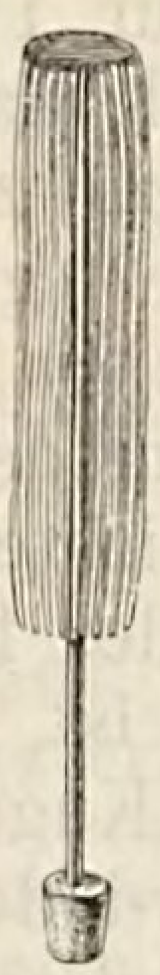
1). Befestigt man, siehe Figur 166, an einer auf dem Konduktor einer Elektri-

Erkl. 562. Eine weitere grosse Anzahl von hierher gehöriger, teilweise interessanter Experimente ist in Kleyers Experimentierbuch der Reibungselektricität enthalten.

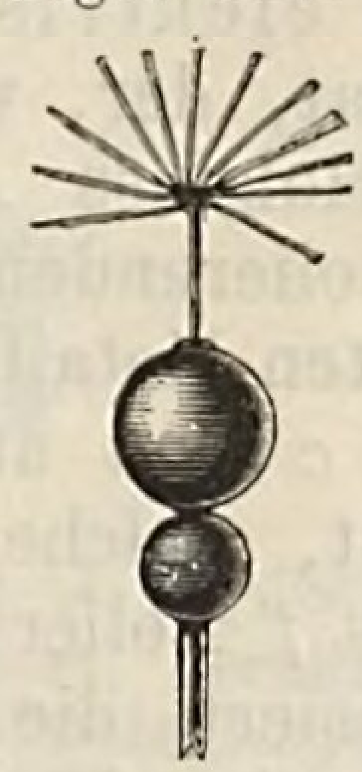
Figur 166.



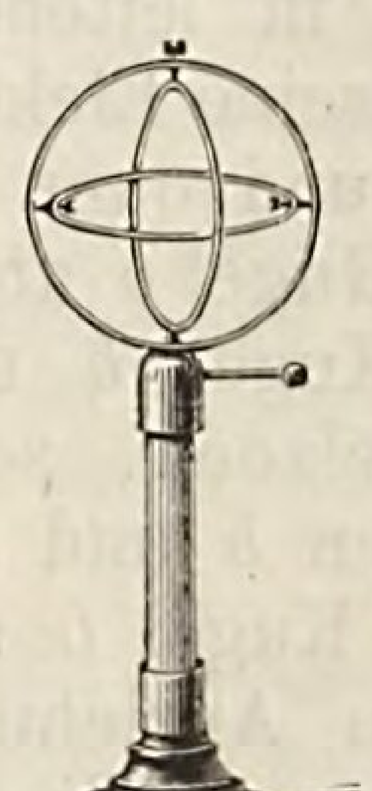
Figur 167.



Figur 168.



Figur 169.



Erkl. 563. Der durch die Figur 169 dargestellte Apparat wird in dieser Ausführung von dem Mechanikus *Wesselhöft* in Halle angefertigt.

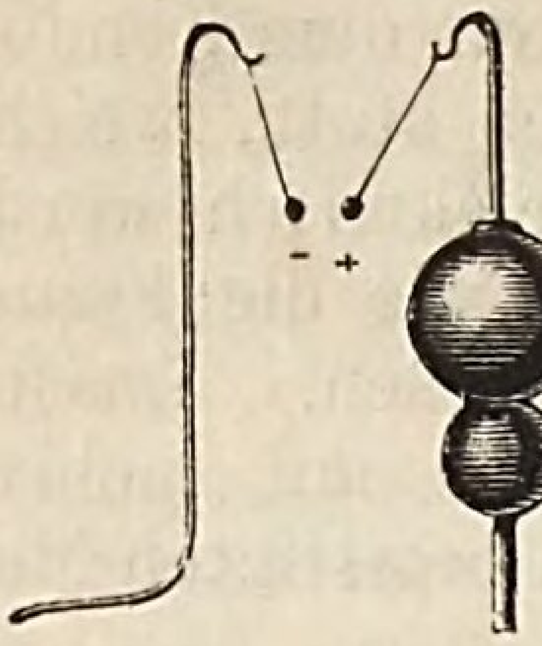
siermaschine angebrachten Metallspitze zwei leitende (leinene) mit Markkügelchen versehene Fäden und setzt die Maschine in Thätigkeit, so findet eine Entladung, bezw. ein Ueberströmen der Elektricität von dem Konduktor auf die Markkügelchen statt, welche hierdurch gleichnamig elektrisch werden und sich infolgedessen, wie die Figur zeigt, von einander abstossen. Dasselbe Experiment kann man mit mehreren an leitenden Fäden befestigten Markkügelchen machen.

2). Verfertigt man sich, siehe Figur 167, einen Papierbüschel, der aus einem Metallstäbchen, einem Metallplättchen und aus an letzterem angebrachten schmalen und langen Papierstreifen besteht, und man steckt denselben auf den Konduktor einer Elektrisiermaschine und setzt letztere in Thätigkeit, so findet eine Entladung, bezw. ein Ueberströmen der Elektricität von dem Konduktor auf die Papierstreifen statt, welche hierdurch gleichnamig elektrisch werden und sich infolgedessen von einander abstossen und, wie die Figur 168 zeigt, einen Schirm bilden.

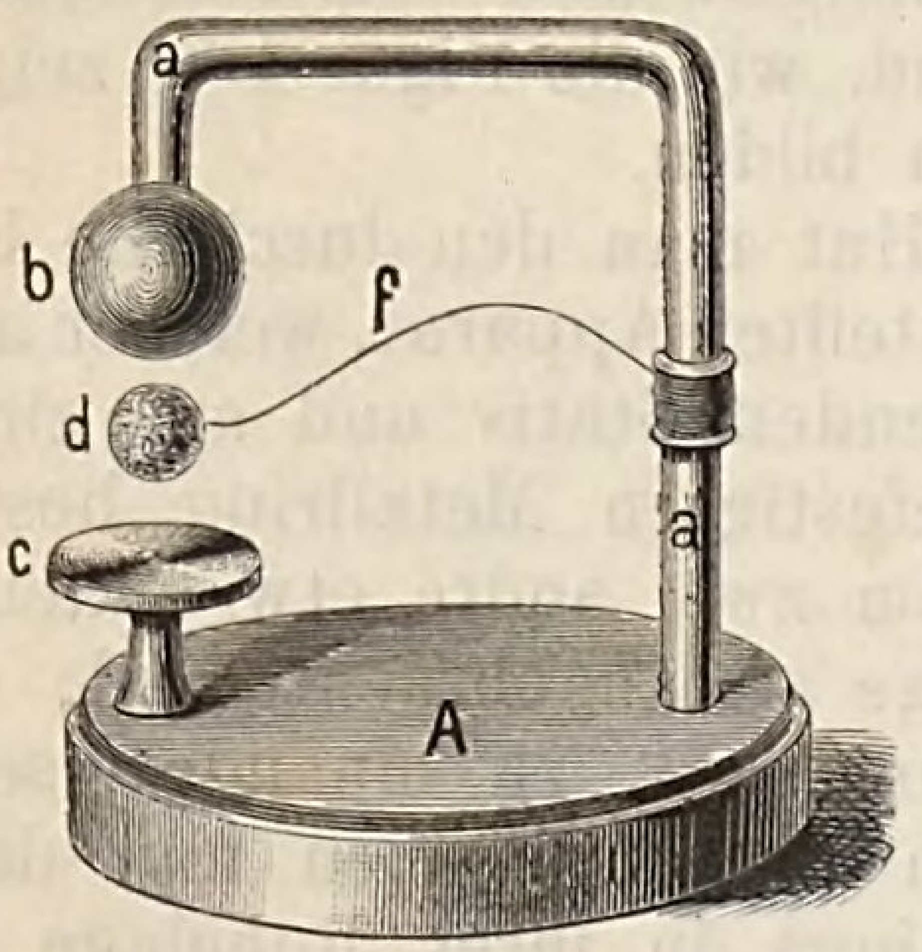
3). Hat man den durch die Figur 169 dargestellten Apparat, welcher aus einem isolierenden Stativ und aus einem darauf befestigten Metallring besteht, an welchem zwei andre etwas kleinere Metallringe so angebracht sind, dass sie sich um zwei zu einander senkrechte Achsen drehen können und dass diese drei Ringe in ihrer Ruhelage in einer Ebene zu liegen kommen, und man elektrisiert diese drei Ringe, indem man das seitwärts abstehende Metallstäbchen mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitende Verbindung bringt und letztere in Thätigkeit setzt, so werden diese drei Ringe durch ein Ueberströmen der Elektricität aus dem Konduktor gleichnamig elektrisch, stossen sich infolgedessen ab und stellen sich, wie die Figur zeigt, alle drei rechtwinklig zu einander (siehe Erkl. 563).

4). Befestigt man, siehe Figur 170, an einer auf dem Konduktor einer Elektrisiermaschine angebrachten Metallspitze

Figur 170.



Figur 171.



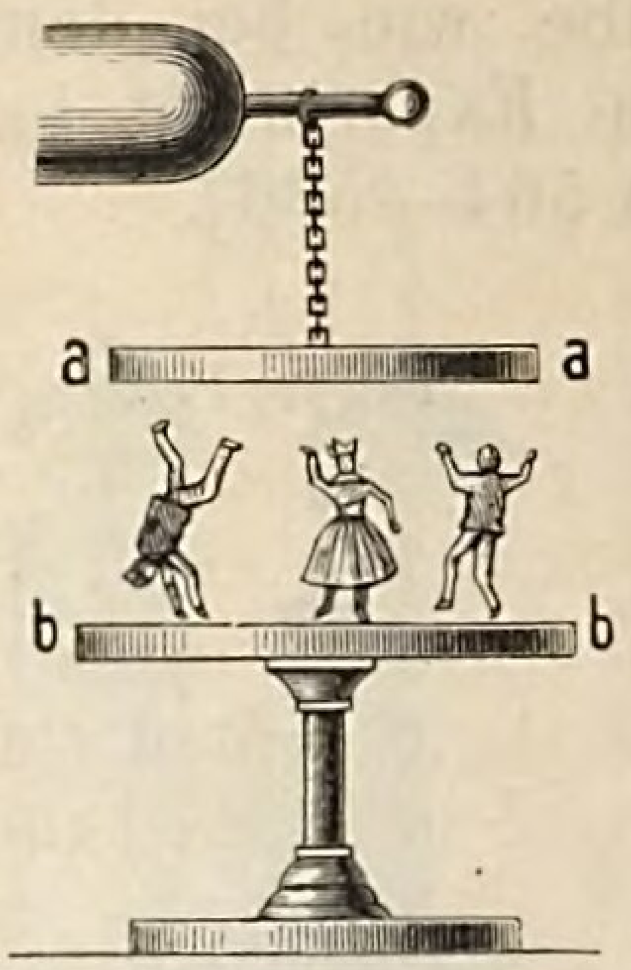
einen leitenden (leinenen), mit einem Markkügelchen versehenen Faden, und in derselben Weise einen zweiten Faden an dem Ende eines Drahts, der nach dem Reibzeug der Maschine führt, und man setzt dann die Maschine in Thätigkeit, so findet von dem Konduktor der Maschine eine Entladung, bezw. ein Ueberströmen von $+E$ in das erstere Kügelchen statt, während von dem Reibzeug ein Ueberströmen von $-E$ in das zweite Kügelchen stattfindet; da hierdurch beide Kügelchen mit entgegengesetzten Elektricitäten geladen werden, so werden sich dieselben bei gehöriger Annäherung, wie die Figur 170 zeigt, gegenseitig sehr kräftig anziehen.

5). Hat man, siehe Figur 171, einen sogen. elektrischen Ball, das ist ein Apparat, der, wie die Figur zeigt, aus dem Holzfuss A, aus der gebogenen und isolierenden Glassäule aa, aus der isolierten Metallkugel b, aus der Metallplatte c und aus dem leichten Ball d besteht, welcher mittels des federnden Drahts f isoliert befestigt ist, und man elektrisiert die isolierte Kugel b auf irgend eine Weise, so wird der Ball d von der elektrisierten Kugel angezogen, durch Mitteilung gleichnamig elektrisch gemacht und infolgedessen nach der Metallplatte c abgestossen; bei der Berührung mit der Metallplatte c, welche mit der Erde in leitender Verbindung steht, gibt er seine Elektricität ab, wird also entladen und dann wieder von der elektrisierten Kugel b angezogen u. s. f.

Wird die Kugel b nur einmal mit Elektricität geladen, so schwingt der Ball d zwischen b und c so lange, bis hierdurch die Kugel b soweit entladen ist, dass eine Anziehung nicht mehr stattfinden kann. Wird hingegen die Kugel b dadurch elektrisiert, dass sie mit einer stetigen Elektricitätsquelle, z. B. mit dem Konduktor einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine in leitender Verbindung steht, so kann durch stetes Drehen der Maschine das Schwingen des Balls beliebig lang fortgesetzt werden.

6). Bringt man, siehe Figur 172, zwei gleiche Metallplatten in eine solche Lage

Figur 172.



Figur 173.



Erkl. 564. Mechanikus *J. G. Schlösser* in Königsberg bringt mit seinem, bereits in der Erkl. 244 erwähnten Ebonitelektrophor eine Anzahl elektrischer Spielwerke in den Handel. Von diesen Spielwerken stellt die Figur 174 den elektrischen Kugeltanz oder den elektrischen Hagel dar.

Der die Kügelchen enthaltende Glascylinder, der oben und unten durch mit Stanniol überzogene Pappscheiben verschlossen ist, wird auf den Deckel seines Ebonitelektrophors gesetzt, wodurch er mit der Erde in leitender Verbindung steht. Die obere Stanniolplatte wird mittels eines Metallkettchens an einen durch Ebonit isolierten Metallhaken gehängt und dieser Haken mit der inneren Belegung einer kleinen Verstärkungsflasche, die vorher mittels eines Elektrophors geladen werden kann, in leitende Verbindung gesetzt.

Erkl. 565. Soll das Experiment des elektrischen Kugeltanzes gut gelingen, so muss der Glascylinder stets sorgfältig innen und aussen trocken abgewischt werden, da sonst die Elektricität von dem oberen Metalldeckel nach der unteren Metallplatte, bezw. über die Erde abgeleitet wird.

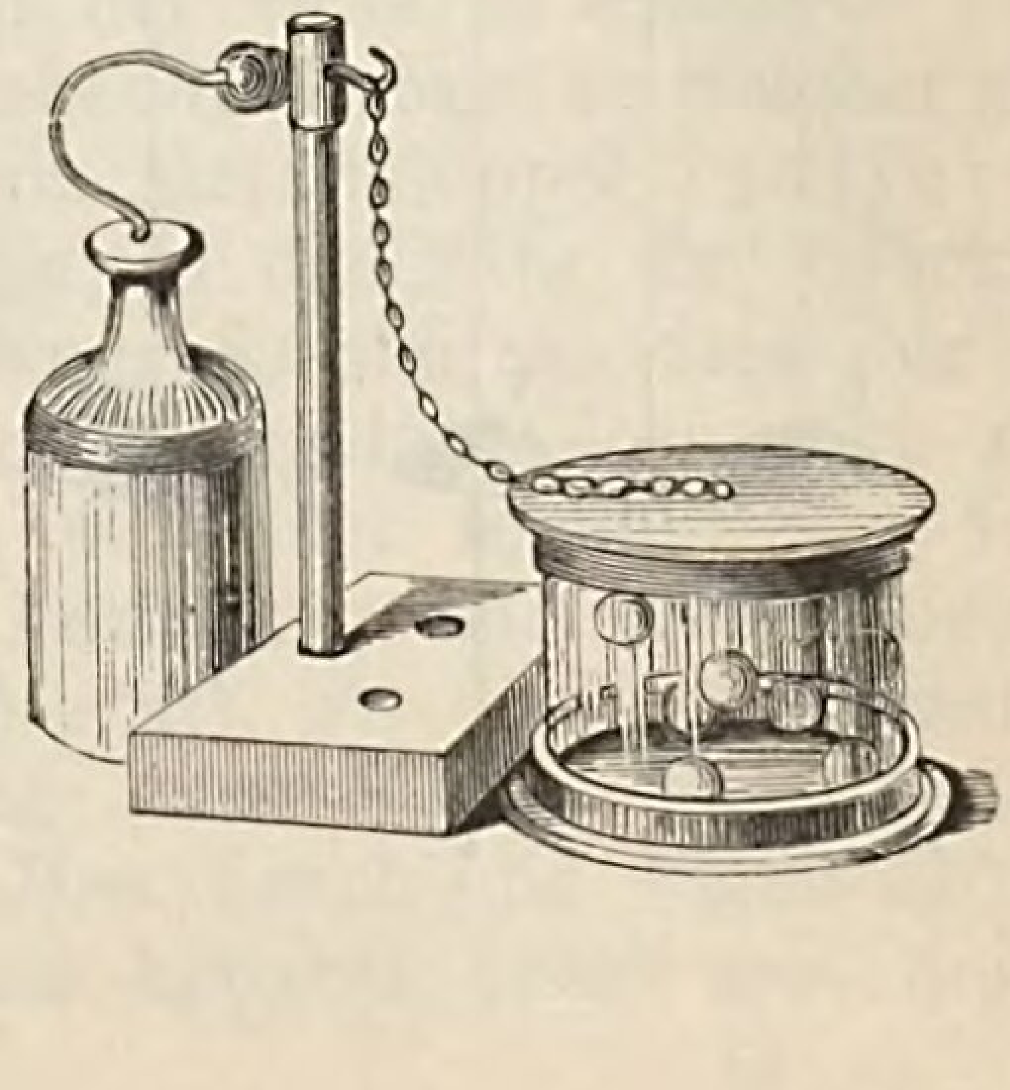
Erkl. 566. Der elektrische Kugeltanz kann auch mittels des durch die Figur 175 dargestellten Apparats ausgeführt werden. Derselbe besteht aus einer flaschenförmigen Glasglocke, in deren Halse ein eine Metallplatte tragender Metalldraht isoliert befestigt ist, und

zu einander, dass ihre Ebenen parallel sind, und dass die eine Platte *aa* mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, die andre Platte *bb* mit der Erde in leitender Verbindung steht, und man stellt auf letztere Platte leichte, aus Pflanzenmark bestehende und mit Flitterzeug bekleidete Figürchen und setzt dann die Maschine in Thätigkeit, so machen diese Figürchen allerlei possierliche Sprünge zwischen beiden Platten. Dieses Experiment ist unter dem Namen der elektrische Puppentanz bekannt.

Der Vorgang, nach welchem die Bewegung der Figürchen stattfindet, ist derselbe wie bei dem elektrischen Ball [siehe vorstehendes Experiment 5).].

7). Bringt man, siehe Figur 173, in einen Glascylinder, der oben und unten mittels zweier Metallplatten oder mittels zweier, mit Stanniol überkleideten Pappscheiben verschlossen ist, leichte Pflanzenmarkkügelchen, stellt dann diesen Cylinder auf eine mit der Erde in leitender Verbindung stehende Unterlage und verbindet die obere Metallplatte leitend mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, so springen die in dem Cylinder befindlichen Kügelchen auf und ab. Dieses Experiment ist unter dem Namen der elektrische Erbsen- oder Kugeltanz bekannt und führt auch oft infolge des Geräusches, welches die auf- und abspringenden Kügelchen verursachen, wenn statt Metallplatten mit Stanniol überzogene Pappscheiben benutzt werden, den Namen elektrischer Hagel.

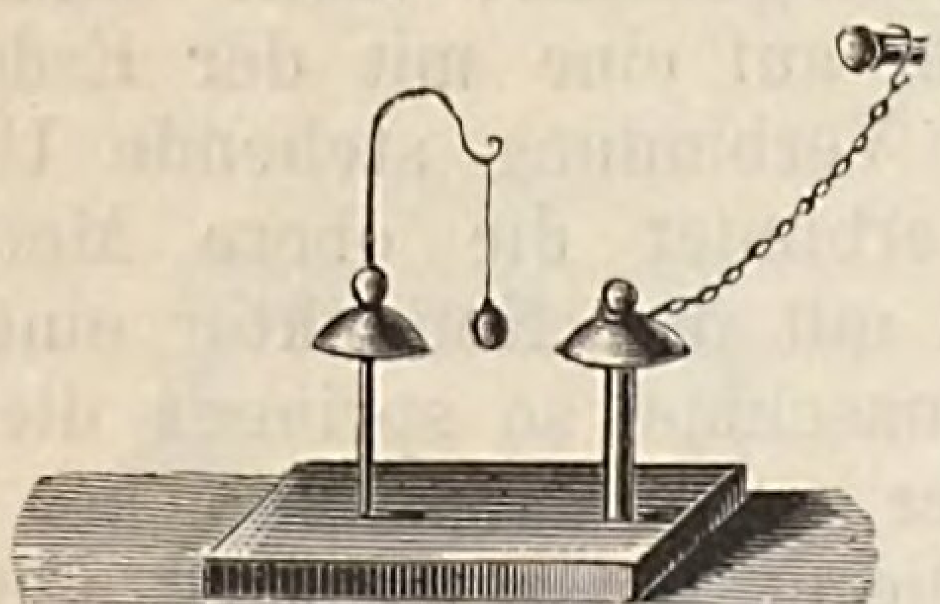
Figur 174.



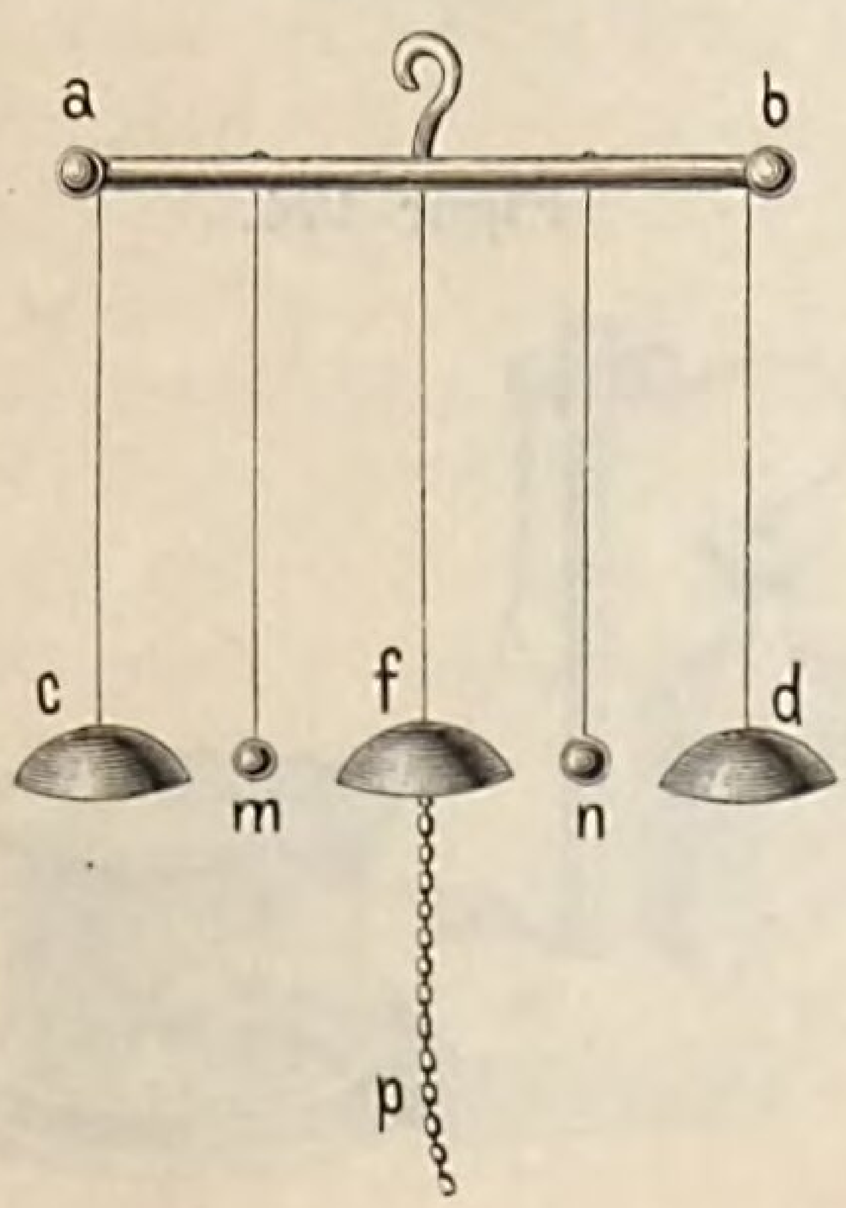
aus einer mit Stanniol überzogenen Unterlage, an welcher ein Häkchen angebracht ist, um diese Unterlage mittels eines Kettchens in leitende Verbindung mit der Erde zu setzen. Werden auf die Unterlage Markkügelchen gelegt und wird die obere isoliert befestigte Metallplatte mit einer Elektricitätsquelle, z. B. mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine verbunden, so springen die Markkügelchen in der Glasglocke wild durcheinander. Da bei dieser Vorrichtung die obere Metallplatte nicht durch die Glasplatte selbst, sondern durch Schellack, mittels welchen der Metalldraht in den Hals der Flasche befestigt ist, isoliert wird, so zeigt dieser Apparat weniger Empfindlichkeit als der durch die Figuren 173 und 174 dargestellte Apparat.

Der durch die Figur 175 dargestellte Apparat wird in dieser Ausführung durch den Mechanikus *Wesselhöft* in Halle angefertigt.

Figur 176.



Figur 177.



Der Vorgang, nach welchem das Auf- und Niederspringen der Kügelchen erfolgt, ist derselbe wie bei dem elektrischen Ball [siehe Experiment 5). und die Erklärungen 564—566].

Figur 175.



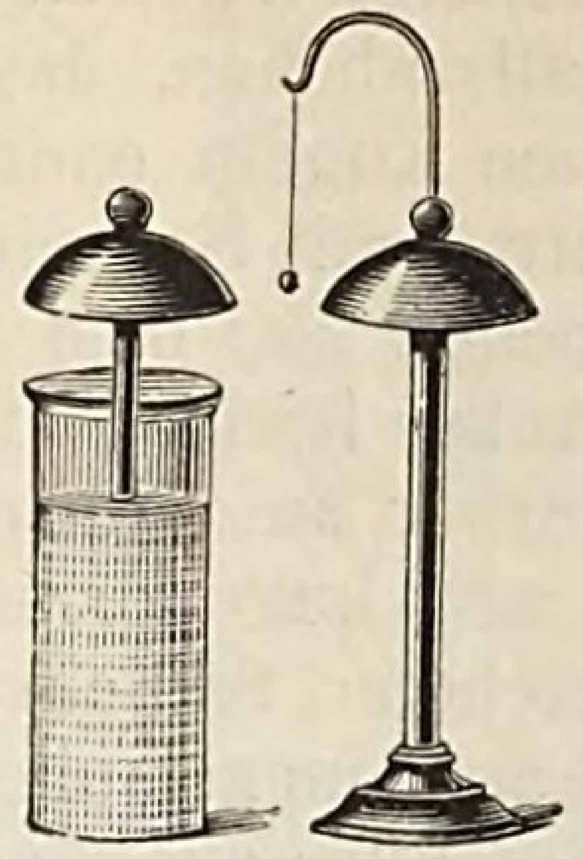
8). Hat man, siehe Figur 176, zwei Glocken, von welchen die eine in leitender Verbindung mit der Erde steht, die andre aber isoliert ist, und hängt zwischen diese beiden Glocken einen mittels eines Seidefadens isolierten Metallklöppel, bringt dann die isolierte Glocke, wie die Figur zeigt, mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitende Verbindung und setzt die Maschine in Thätigkeit, so wird der Klöppel zuerst von der isolierten und elektrisierten Kugel angezogen, dann nach der andern Glocke abgestossen, wieder angezogen u. s. f. Da die Glocken bei dem Anschlagen des Klöppels läuten, so nennt man dieses Experiment das elektrische Glockenspiel.

Der Vorgang, nach welchem die Anziehung und Abstossung des Klöppels stattfindet, ist derselbe wie bei dem elektrischen Ball [siehe Experiment 5).].

9). Das vorstehend unter 8). erwähnte Experiment kann man auch mit drei Glocken unter anderm wie folgt ausführen:

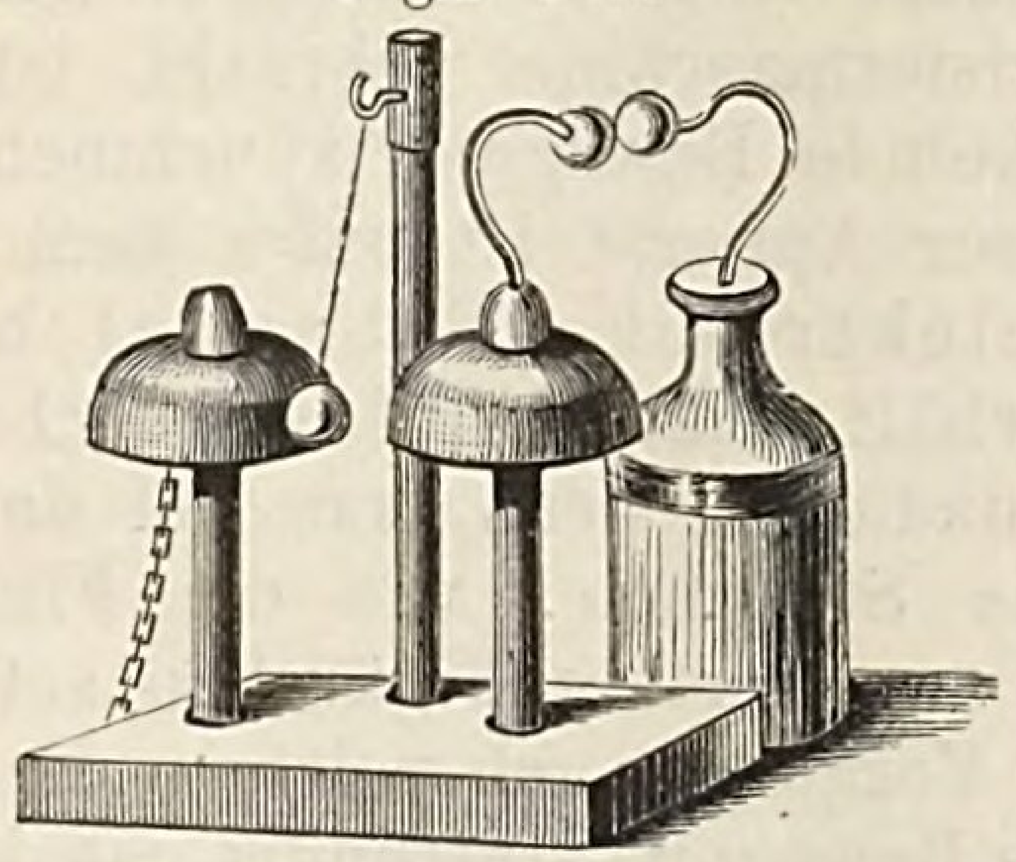
Befestigt man, siehe Figur 177, an den Enden eines Metalldrahts *ab* mittels feiner Drähte zwei Glocken *c* und *d* so, dass dieselben in leitender Verbindung mit jenem Metalldraht *ab* stehen, und man hängt zwischen diese zwei Glocken in die Mitte des Metalldrahts eine mittels eines Seidefadens isolierte dritte Glocke *f* und zwischen je zwei dieser drei Glocken ebenfalls mittels isolieren-

Figur 178.



Erkl. 566a. Die durch die Figur 178 dargestellte läutende Flasche wird in dieser Form von Mechanikus *Wesselhöft* in Halle ausgeführt.

Figur 179.



Erkl. 567. Von den durch Mechanikus *J. G. Schlösser* in Königsberg angefertigten Spielwerken stellt die Figur 179 das elektrische Glockenspiel dar.

Wie diese Figur zeigt, wird die eine der durch Ebonitstäbe isolierten Glocken mittels eines Metallkettchens mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, während die andre in leitende Verbindung mit der inneren Belegung einer kräftig geladenen Verstärkungsflasche gebracht wird. Der Klöppel zwischen beiden Glocken ist isoliert aufgehängt.

Erkl. 568. Das elektrische Glockenspiel wird häufig an Blitzableitern angebracht. Beginnt dasselbe zu läuten, so deutet dies einen Abfluss der atmosphärischen Elektricität auf die Erde an.

Siehe Kleyers Lehrb. der atmosphärischen Elektricität.

der Seidefäden zwei eiserne Klöppel *m* und *n* auf, hängt alsdann die ganze Vorrichtung an den Konduktor einer Elektrisiermaschine, bringt die isolierte Glocke *f* mittels eines an ihr angebrachten Metallkettchens *p* in leitende Verbindung mit der Erde und setzt die Maschine in Thätigkeit, so findet eine ununterbrochene Anziehung und Abstossung der Klöppel zwischen den drei Glocken statt.

10). Das vorstehend erwähnte Experiment kann man auch mit mehr als drei Glocken unter anderm wie folgt ausführen:

Hängt man eine Glocke isoliert auf und um dieselbe mehrere andre, mit der Erde in leitender Verbindung stehende Glocken, und zwar so, dass sie von der ersten Glocke nur wenige Centimeter abstehen, und hängt dann ferner zwischen jede der äusseren Glocken und der mittleren ersten Glocke mittels eines isolierenden Seidefadens ein kleines Metallkügelchen, so werden diese Metallkügelchen, sobald man die mittlere Glocke elektrisiert, abwechselnd von dieser Glocke angezogen und nach den andern Glocken abgestossen, wodurch in dem Falle, wenn die Glocken etwas abgestimmt sind, ein hübsches Glockengeläute hervorgerufen werden kann.

11). Das unter 8). erwähnte Experiment kann man auch mittels einer geladenen Verstärkungsflasche wie folgt ausführen:

Befestigt man, siehe Figur 178, an dem Knopf einer Verstärkungsflasche eine Glocke, ladet die Flasche kräftig und bringt alsdann, wie die Figur zeigt, eine mit der Erde in leitender Verbindung stehende Glocke, an welcher gleichzeitig ein Metallklöppel isoliert befestigt ist, in die Nähe der Glocke der Verstärkungsflasche, so dass der Klöppel zwischen beiden Glocken zu stehen kommt, so findet so lang eine fortgesetzte Anziehung und Abstossung des Klöppels statt, bis die Flasche fast entladen ist, was $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde dauern kann. Den durch die Figur 178 dargestellten Apparat nennt man die läu-

tende Flasche (siehe die Erkl. 566a bis 568).

12). Befestigt man, siehe Figur 180, auf einem isolierenden Glassäulchen ein leichtes Metallstäbchen, das beiderseits in zwei kleinen Kugeln endigt, oder ein gleichgeformtes, mit Stanniol überzogenes Holzstäbchen so, dass es um eine horizontale Achse leicht drehbar ist, und bringt man ferner auf demselben Grundbrett zwei mit kugelförmigen Metallknöpfen versehene Säulchen, von welchen das eine aus einem isolierenden Glasstäbchen, das andre aus einem leitenden Metallstäbchen besteht, so an, dass die kugelförmigen Knöpfe derselben unter jene Kugeln zu stehen kommen, so wird das Stäbchen, sobald das äussere isolierte Säulchen mittels eines Metallkettchens in leitende Verbindung mit dem Konduktor einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine gebracht ist, eine schaukelnde Bewegung annehmen.

Dieser Apparat ist unter dem Namen die elektrische Schaukel bekannt und erhält seine charakteristische Form noch dadurch, wenn man auf das horizontale Stäbchen, wie die Figur 180 zeigt, zwei leichte Figürchen setzt.

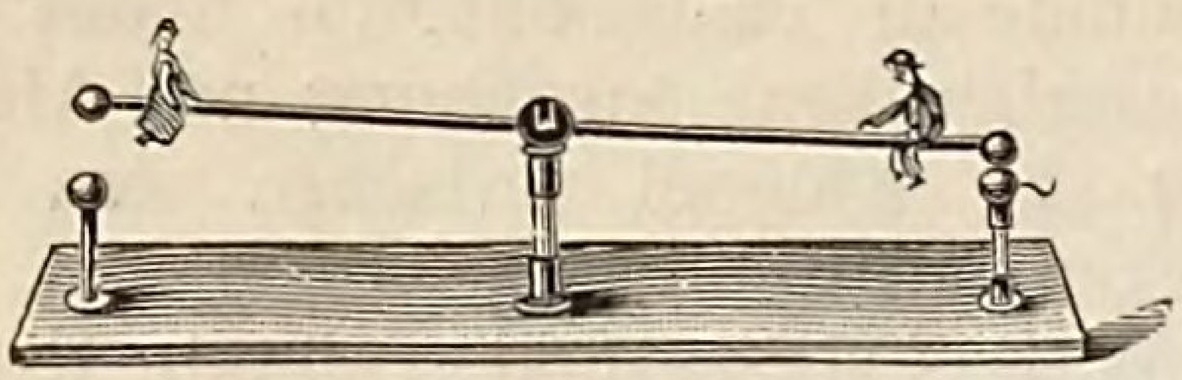
Der Vorgang, nach welchem die schaukelnde Bewegung stattfindet, ist derselbe wie bei dem elektrischen Ball.

13). Das vorstehend erwähnte Experiment kann man auch ausführen, wenn man unter die Enden des horizontalen Stäbchens zwei gleiche Verstärkungsflaschen stellt, von welchen die eine mit +, die andre mit —E geladen ist, und dasselbe durch einen leichten Anstoss in schaukelnde Bewegung setzt. Es wird alsdann abwechselnd von den Flaschenknöpfen angezogen und abgestossen, und zwar so lange, bis die Flaschen entladen sind (siehe die Erkl. 569 und 570).

14). Das vorstehend erwähnte Experiment kann man auch wie folgt ausführen:

Befestigt man, siehe Figur 181, an den oberen Enden zweier isolierenden Säulchen einen Seidefaden, setzt auf diesen ein Figürchen aus Pflanzenmark, das die Elektricität leitet, stellt in gleichen Entfernungen zwei Verstärkungs-

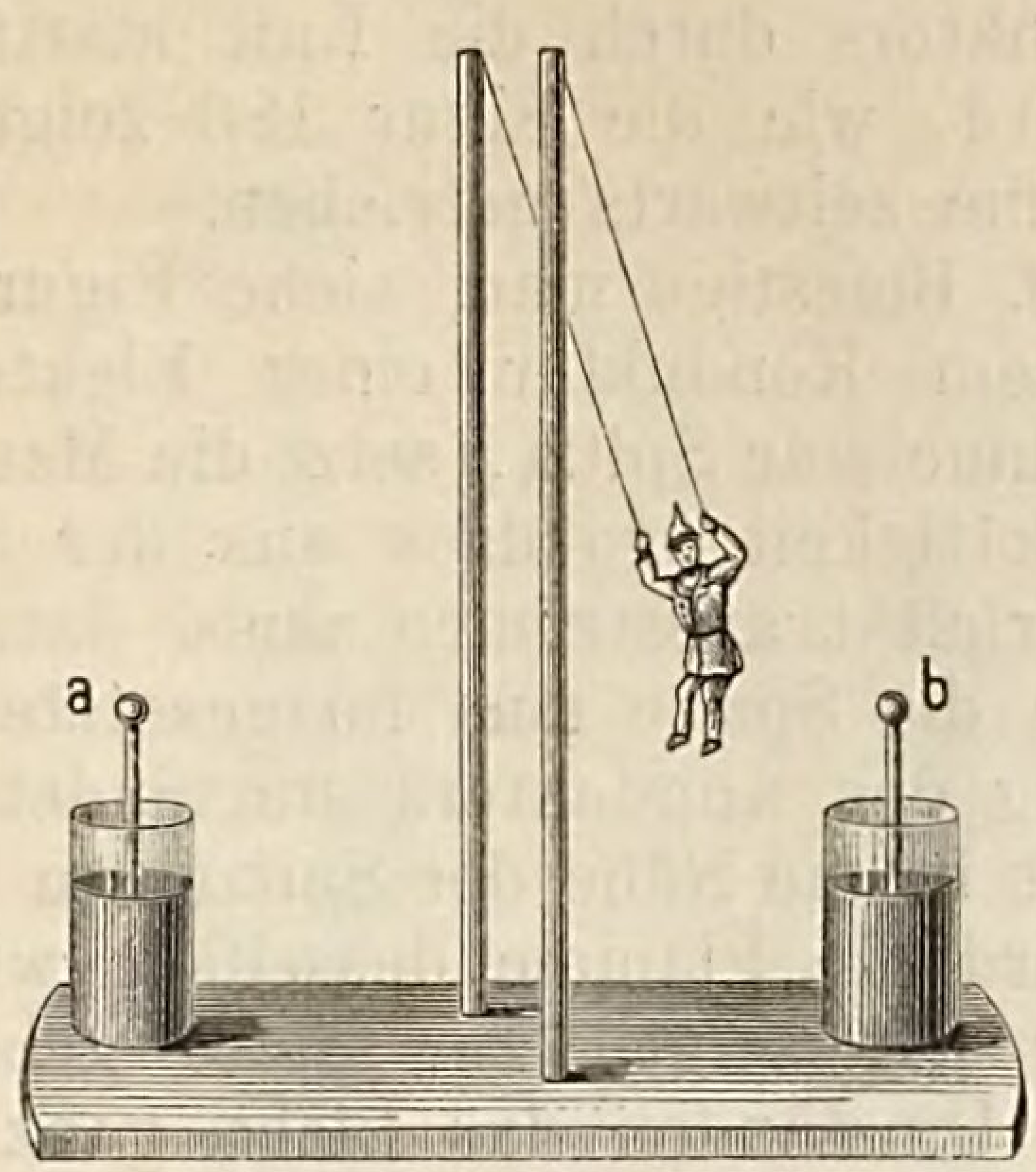
Figur 180.



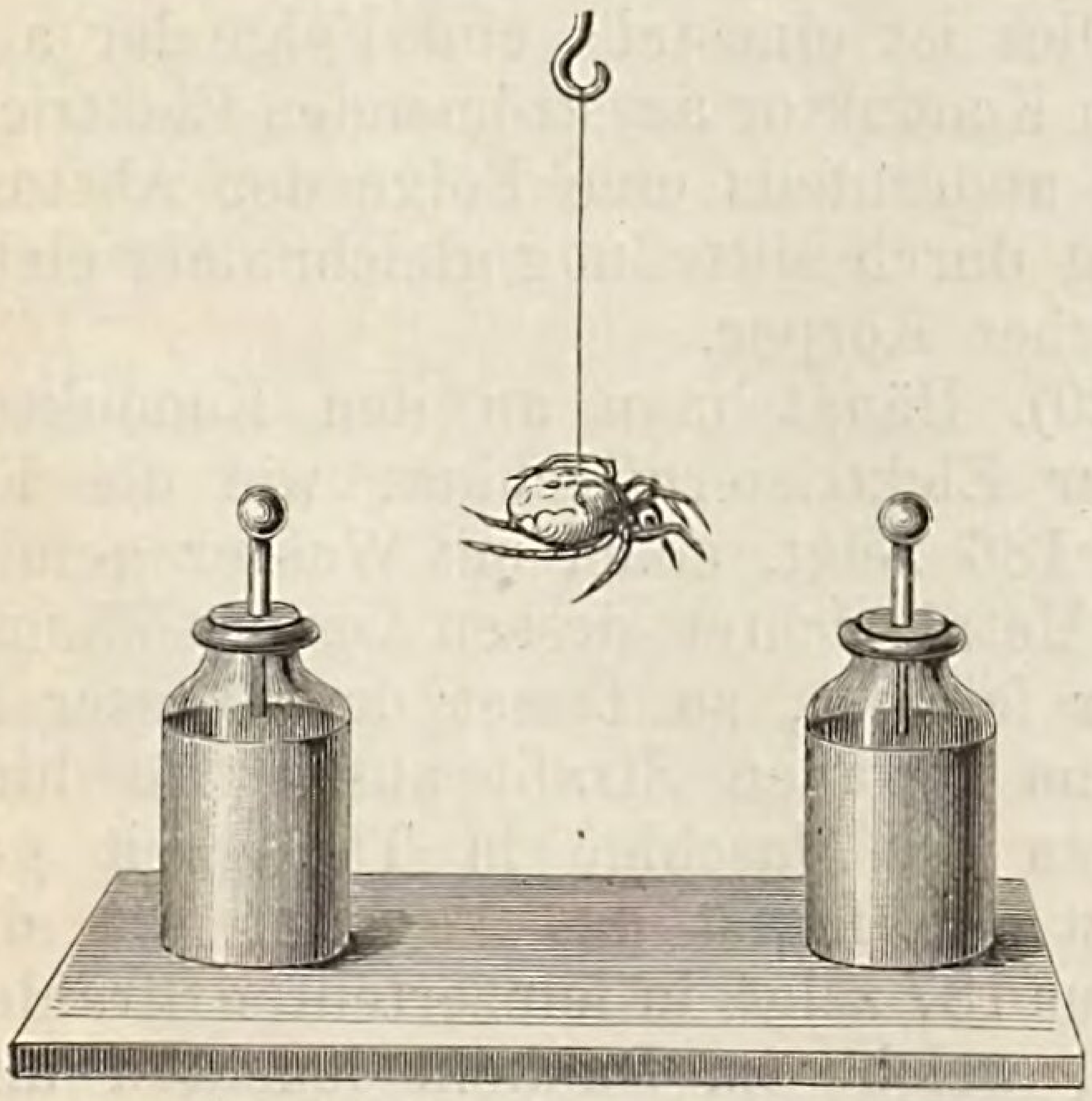
Erkl. 569. Bei den unter 13). und 14). erwähnten Experimenten wird jede Bewegung der Schaukel durch eine Abstossung des Stäbchens von dem einen Flaschenknopf und durch eine gleichzeitig stattfindende Anziehung von dem andern Flaschenknopf hervorgerufen (siehe die Erkl. 570).

Erkl. 570. Der Vorgang bei den unter 13). und 14). erwähnten Experimenten ist folgender: Eine der Flaschen, z. B. diejenige, welche mit —E geladen ist und welche dem schwingenden Körper am nächsten ist, zieht denselben an und teilt ihm einen Teil ihrer überschüssigen —E mit; dadurch, dass er nunmehr abgestossen wird, kommt er mit der +E der andern Flasche in Berührung und seine —E wird neutralisiert, gleichzeitig wird ihm ein Ueberschuss von +E mitgeteilt und infolgedessen wird er wieder abgestossen und kommt dadurch wieder mit der andern Flasche in Berührung, wo sich dasselbe wiederholt, bis die Flaschen soweit entladen sind, dass eine erfolgreiche Abstossung nicht mehr stattfinden kann.

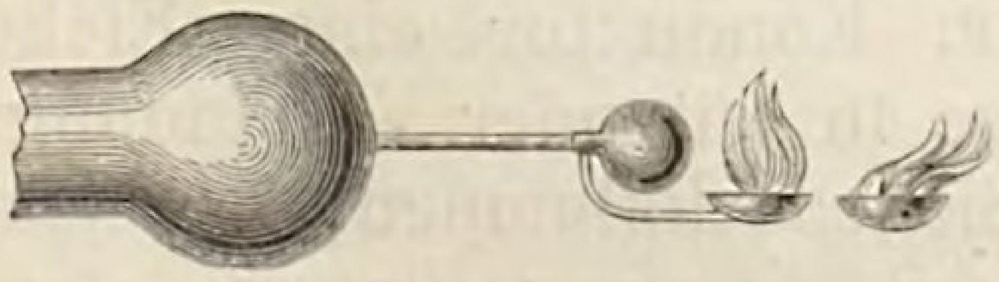
Figur 181.



Figur 182.



Figur 183.



flaschen auf, von welchen wiederum die eine mit +, die andre mit — *E* geladen ist, und bringt durch einen Anstoss das Figürchen in schaukelnde Bewegung, so behält dasselbe, in ähnlicher Weise wie vorhin erwähnt, seine schaukelnde Bewegung so lange bei, bis die Flaschen fast entladen sind.

15). Befestigt man an einem leichten Körperchen von Kork oder Holundermark einige feine Papierschnitzel, so dass das ganze das Aussehen einer Kreuzspinne bekommt, und befestigt dieselbe mittels eines isolierenden (seidenen) Fadens in der Nähe des Konduktors einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine, so wird diese Spinne angezogen und wieder abgestossen; berührt man hierbei die Spinne abwechselnd mit der Hand oder mittels eines Metallstäbchens, so dass die durch Mitteilung elektrisch gewordene Spinne hierdurch wieder entladen wird, so finden die Bewegungen der Spinne, ihrem Namen entsprechend, in charakteristischer Weise statt. Dieses Experiment ist unter dem Namen die elektrische Spinne bekannt.

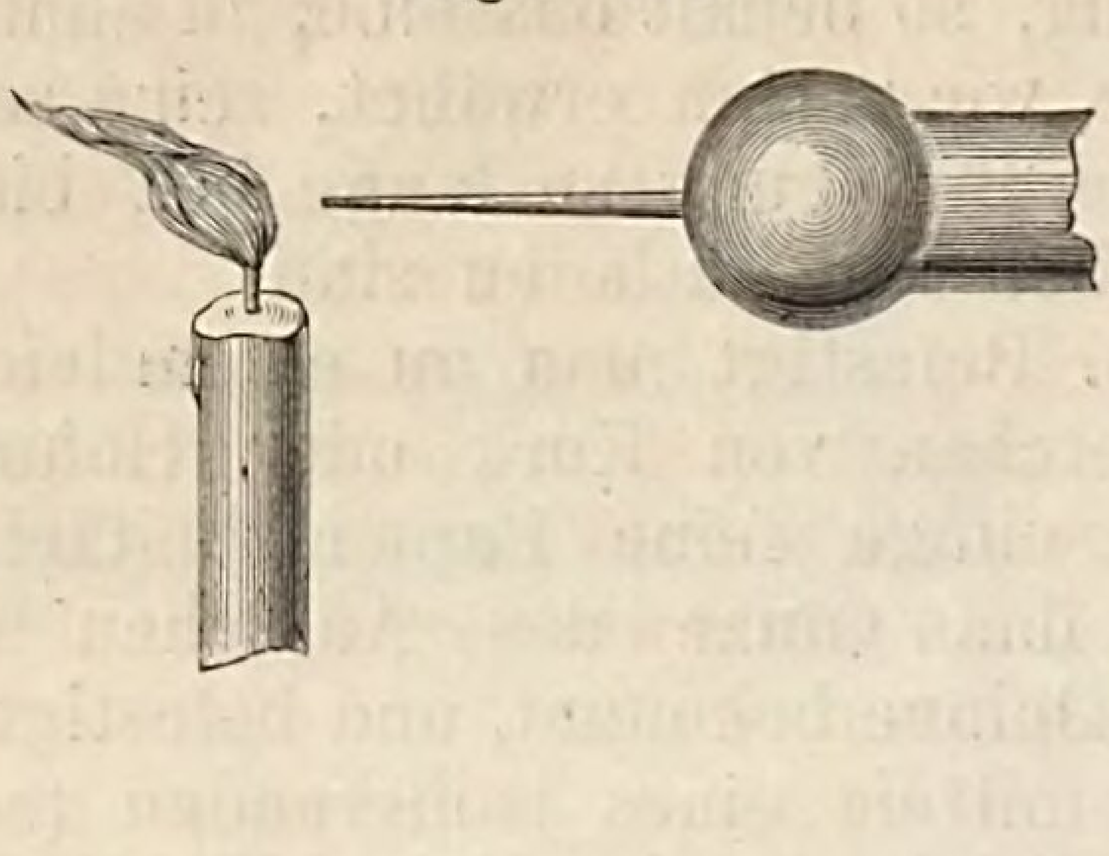
16). Das Experiment mit der elektrischen Spinne kann man auch ausführen, wenn man dieselbe, siehe Figur 182, an einem isolierenden Faden zwischen die Knöpfe zweier Verstärkungsflaschen hängt, von welchen die eine mit +, die andre mit — *E* geladen ist. Gibt man der Spinne einen kleinen Anstoss, so fliegt sie mit allerlei Bewegungen ihrer Füsse abwechselnd von dem Knopf der einen Flasche zu dem der andern.

Der Vorgang, nach welchem hierbei die Bewegungen der Spinne erfolgen, ist analog dem bei der elektrischen Schaukel (siehe Erkl. 570).

17). Hängt man, wie die Figur 183 zeigt, an den Konduktor einer Elektrisiermaschine eine Metallschale, welche mit Weingeist oder Kampfer gefüllt ist und entzündet letzteren, so brennt die Flamme gerade aufwärts; wird hingegen die Maschine in Thätigkeit gesetzt und hat die Elektricität auf dem Konduktor eine solche Spannung erreicht, dass sie

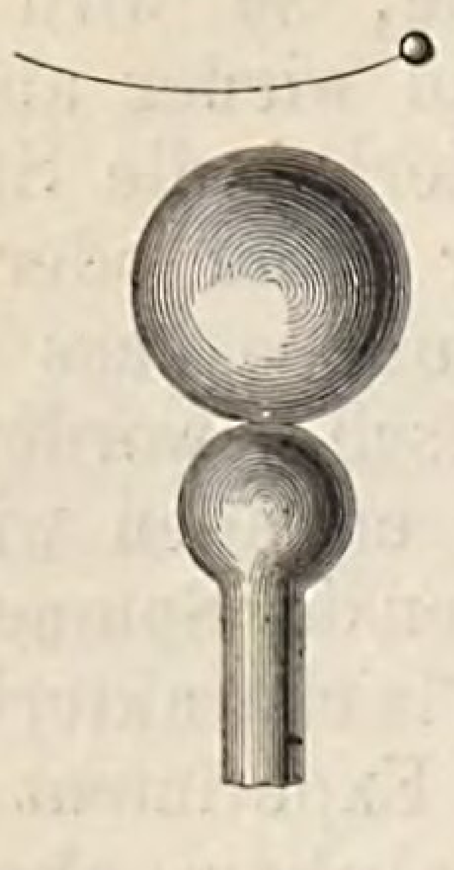
ausströmt, dass also eine Entladung des Konduktors durch die Luft stattfindet, so wird, wie die Figur 183 zeigt, die Flamme seitwärts getrieben.

Figur 184.



18). Befestigt man, siehe Figur 184, an dem Konduktor einer Elektrisiermaschine eine Spitze, setzt die Maschine in Thätigkeit, so dass aus der Spitze Elektricität ausströmen muss, dass also durch die Spitze eine fortgesetzte Entladung des Konduktors stattfindet, und bringt in die Nähe der Spitze ein Licht, so wird die Flamme desselben, wie die Figur 184 zeigt, zur Seite geblasen, unter Umständen das Licht ganz ausgeblasen.

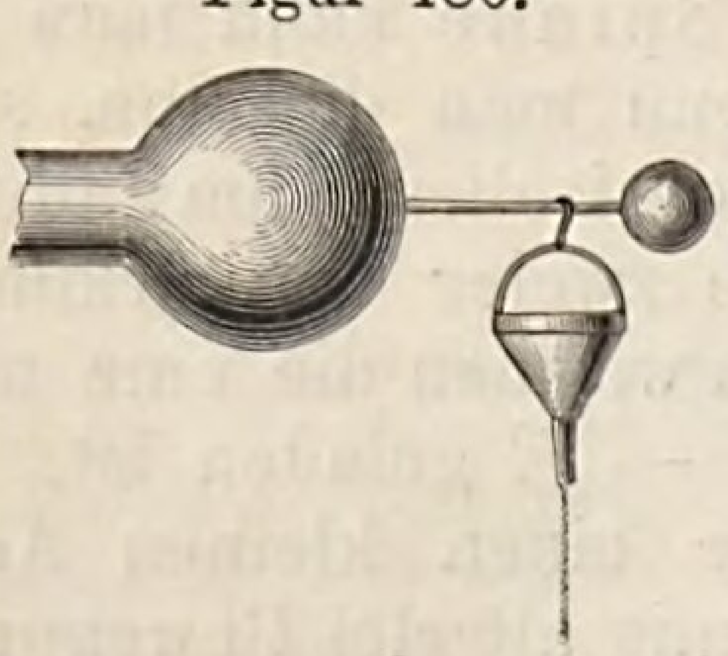
Figur 185.



19). Hält man über den Konduktor einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine ein an einem langen Seidefaden befestigtes und vergoldetes Holundermarkkügelchen, so wird dasselbe, wie die Figur 185 zeigt, schwebend über dem Konduktor gehalten.

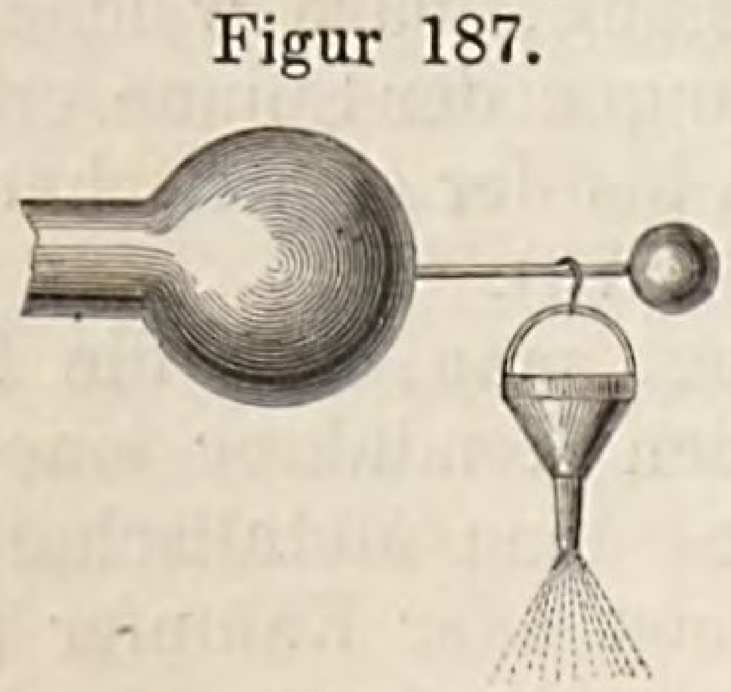
Dies ist einesteils eine Folge der aus dem Konduktor ausströmenden Elektricität, andernteils eine Folge der Abstossung durch Mitteilung gleichnamig elektrischer Körper.

Figur 186.



20). Hängt man an den Konduktor einer Elektrisiermaschine, wie die Figur 186 zeigt, einen mit Wasser gefüllten Metalltrichter, dessen Ausflussöffnung sehr fein ist, so fliesst das Wasser in einem geraden Strahl aus; wird hingegen die Maschine in Thätigkeit gesetzt, so fliesst das Wasser, wie die Figur 187 zeigt, in feinzerteilten Strahlen aus, welche im Dunkeln leuchten und einen Lichtkegel bilden.

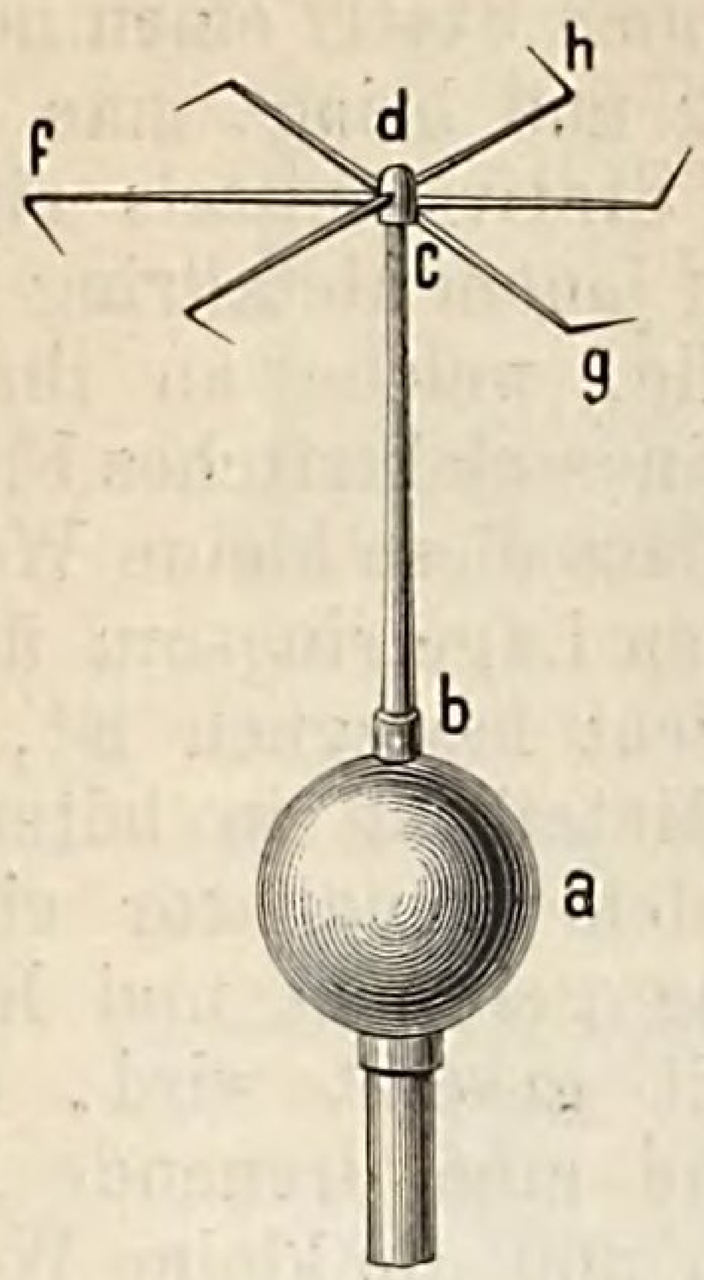
Figur 187.



21). Hängt man einen mit Wasser getränkten Schwamm an den Konduktor einer Elektrisiermaschine, so spritzen aus demselben leuchtende Wassertropfen, sobald die Maschine in Thätigkeit gesetzt wird.

22). Hängt man an eine Spitze, die mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitender Verbindung steht, einen Siegellackklumpen, erweicht denselben mittels einer Flamme und setzt die Maschine in Thätigkeit, so spinnen sich aus demselben Siegellackfäden, die

Figur 188.



Figur 189.

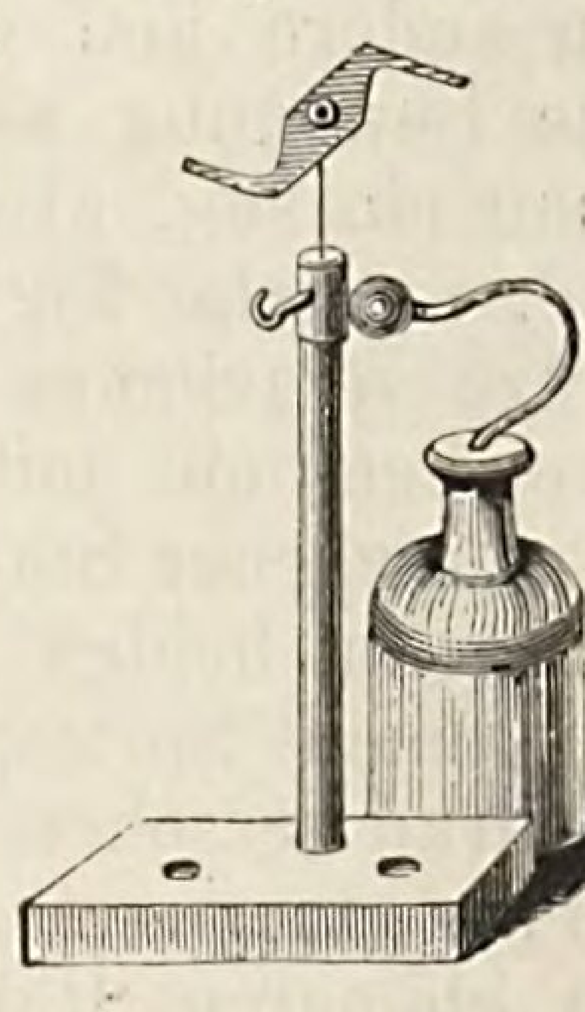


Erkl. 571. Die nebenstehend unter 17). bis 30). erwähnten Experimente beruhen auf der Ausströmung der Elektricität und des dadurch hervorgerufenen elektrischen Windes [siehe die früheren Abschnitte 8). und 9). und auch die Erkl. 572).

Erkl. 572. Der elektrische Wind tritt in allen Fällen da auf, wo Glimmlicht vorhanden ist (siehe Antw. der Frage 220). Beim Büschellicht tritt er nur dann auf, wenn die Strahlen des Büschels keinen leitenden Körper erreichen können.

Dies bewies *Faraday* dadurch, dass er eine elektrisch glimmende Spitze gegen eine nicht isolierte Wasserfläche richtete. Die Wasserfläche wurde von dem von der Spitze ausgehenden elektrischen Wind eingedrückt; näherte er die Spitze soweit dem Wasser, dass statt des Glimmlichts ein Büschellicht entstand, so wurde die Wasserfläche wieder eben.

Figur 190.



Erkl. 573. Von den durch Mechanikus *J. G. Schlösser* in Königsberg angefertigten Spielwerken stellt die Figur 190 das elektrische Flugrad dar.

man auf einem darunter gehaltenen Papier auffangen kann und welche wie feine Wolle aussehen.

23). Taucht man nach *Faraday* das eine Ende eines Metallstabs in ein mit einem Metallboden versehenes und mit Terpentinöl gefülltes Gefäss, verbindet den Metallboden leitend mit der Erde und bringt auf das obere Ende des Stabs einen Tropfen Gummimasse, so spinnen sich, sobald der Stab elektrisiert wird, feine Gummifäden ab, die sich auf dem Oel verbreiten.

24). Bringt man bei dem vorstehend erwähnten Experiment statt Gummimasse einen Tropfen Quecksilber auf das obere Ende des Stabs, so spitzt sich derselbe kegelförmig zu, sobald der Stab elektrisiert wird.

25). Füllt man ein nicht isoliertes Gefäss mit Wasser oder Oel, streut dann auf die Wasser- oder Oelfläche Mehlstaub, bezw. Lykopodium, und richtet eine Spitze, aus welcher Elektricität ausströmt, auf die Wasser- oder Oelfläche, so nimmt der Mehl- oder Lykopodiumstaub eine rotierende Bewegung an (siehe Erkl. 571).

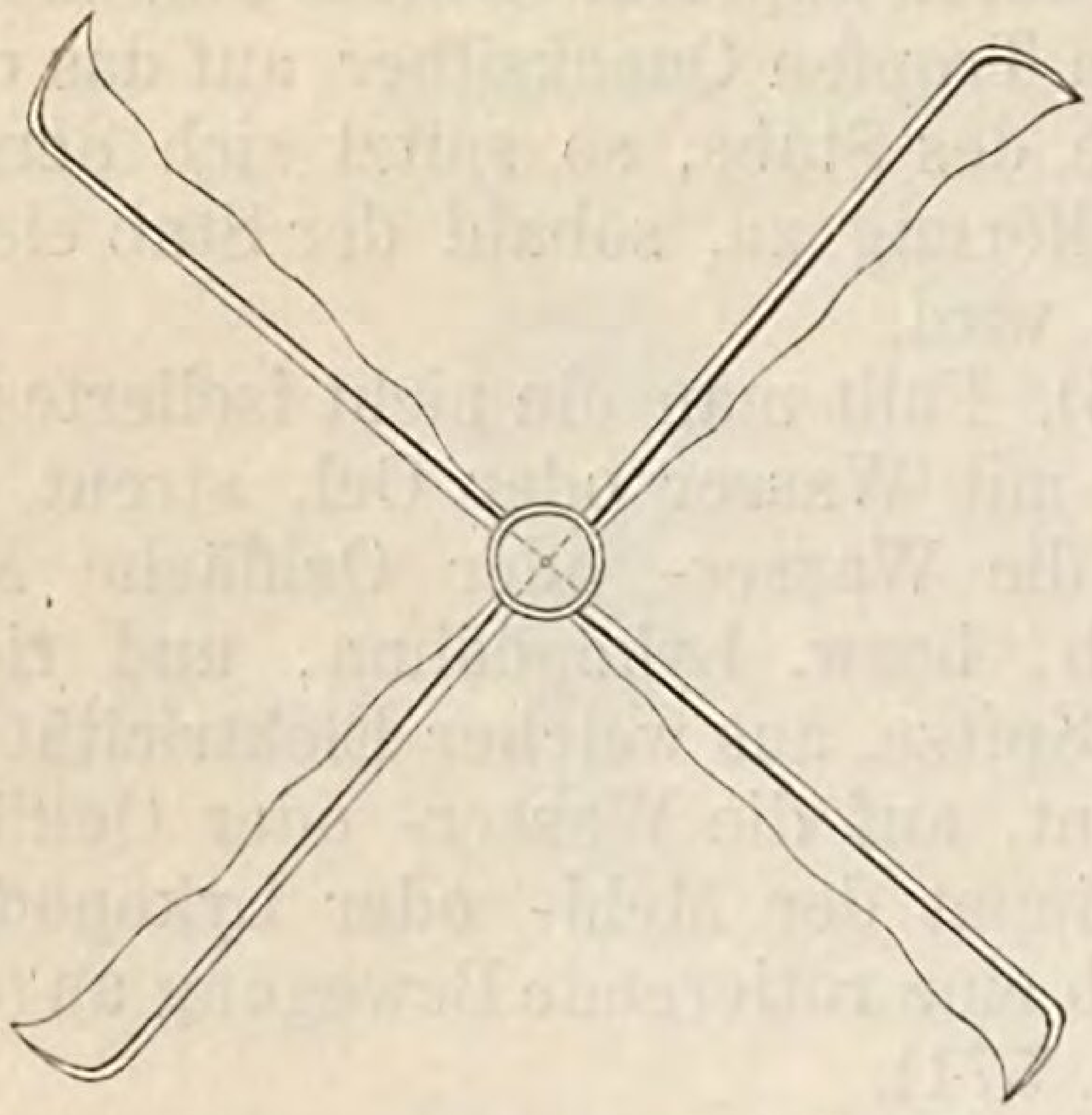
26). Steckt man das durch die Figur 188 dargestellte und bereits in Antwort der Frage 61 erwähnte elektrische Flugrad auf den Konduktor einer Elektrisiermaschine und setzt die Maschine in Thätigkeit, so findet eine Entladung des Konduktors durch das Ausströmen der Elektricität aus den Spitzen des Flugrads statt, infolgedessen dasselbe in drehende Bewegung gesetzt wird. Die Bewegung des Rads geschieht nicht in der Richtung der Spitzen, sondern in entgegengesetzter Richtung (siehe die Erkl. 159—161 und die Figuren 24, 25 und 26).

27). Setzt man, siehe Figur 189, auf eine, auf dem Konduktor einer Elektrisiermaschine angebrachte Spitze ein flaches, doppelsichelförmig gebogenes und mit scharfen Spitzen versehenes Metallblättchen, welches mit einem Aufhänghütchen versehen ist, so nimmt dasselbe wie das elektrische Flugrad eine drehende Bewegung an.

Wie diese Figur zeigt, ist auf einem isolierenden Ebonitstab eine Stahlspitze befestigt, auf welcher ein flaches, mit zwei scharfen Spitzen versehenes Metallblättchen mittels eines Aufhängehütchens ruht; wird nun eine kräftig geladene Verstärkungsflasche so gestellt, dass von dem Knopf derselben die Elektricität der inneren Belegung auf jenes Metallblättchen überströmen kann, so findet eine Entladung der Elektricität durch die Spitzen desselben statt und das Metallblättchen nimmt eine rotierende Bewegung an.

Erkl. 574. Das umstehend unter 26). erwähnte Experiment wurde im Jahre 1760 zuerst von *Hamilton* ausgeführt.

Figur 191.



Erkl. 575. Analog dem nebenstehend unter 26). erwähnten Experiment kann man mittels Drähten, welche an den Enden in scharfe Spitzen umgebogen und mit dünnem Papier, Kartenblättern, Rauschgold etc. überzogen sind, unter anderm, wie die Figur 191 zeigt, elektrische Windmühlen oder Mühlräder, Karrussels und anderes mehr herstellen, und dieselben durch Ausströmung von Elektricität aus jenen Spitzen, bezw. mittels direkter Einwirkung des elektrischen Windes auf solche Räder in Bewegung setzen.

Figur 192.



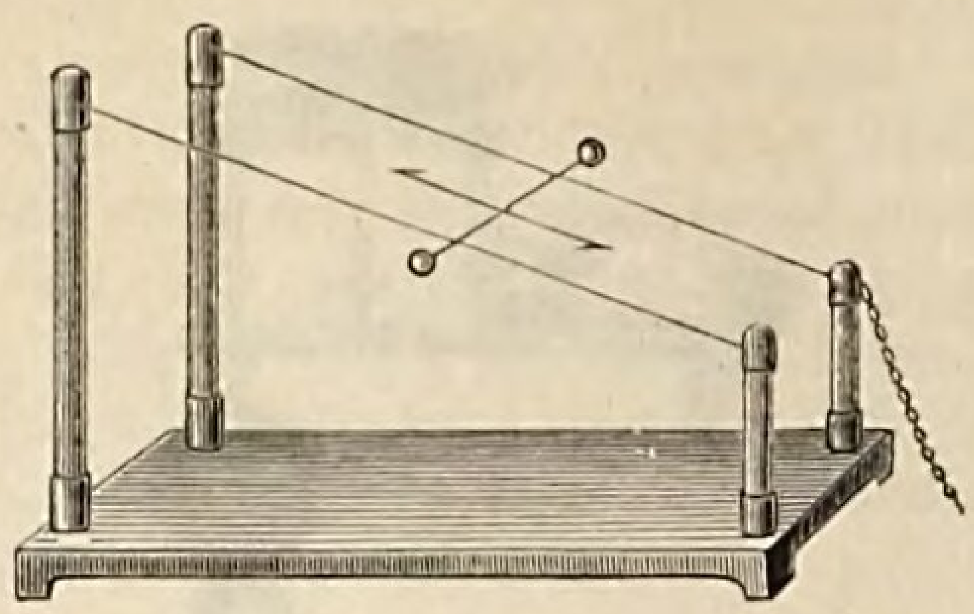
Erkl. 576. Die Figur 192 stellt einen Apparat dar, wie er in dieser Ausführung von dem Mechanikus *Wesselhöft* in Halle ausgeführt wird.

28). Befestigt man, siehe Figur 192, auf einem isolierenden Stativ einen horizontalen Metallring und bringt man auf der Spitze dieses Stativs mittels eines Häkchens eine auf jenem Metallring liegende kleine Welle, welche an ihrem einen Ende ein kleines elektrisches Flugrad trägt, so an, dass diese kleine Welle in ihrer horizontalen Lage ringsum über den Metallring leicht beweglich ist, so wird, wenn der Metallring in leitende Verbindung mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine gebracht und letztere in Thätigkeit gesetzt wird, das elektrische Flugrad eine drehende Bewegung annehmen und die kleine Welle wird sich gleichzeitig über dem Metallring fortbewegen (siehe Erkl. 576).

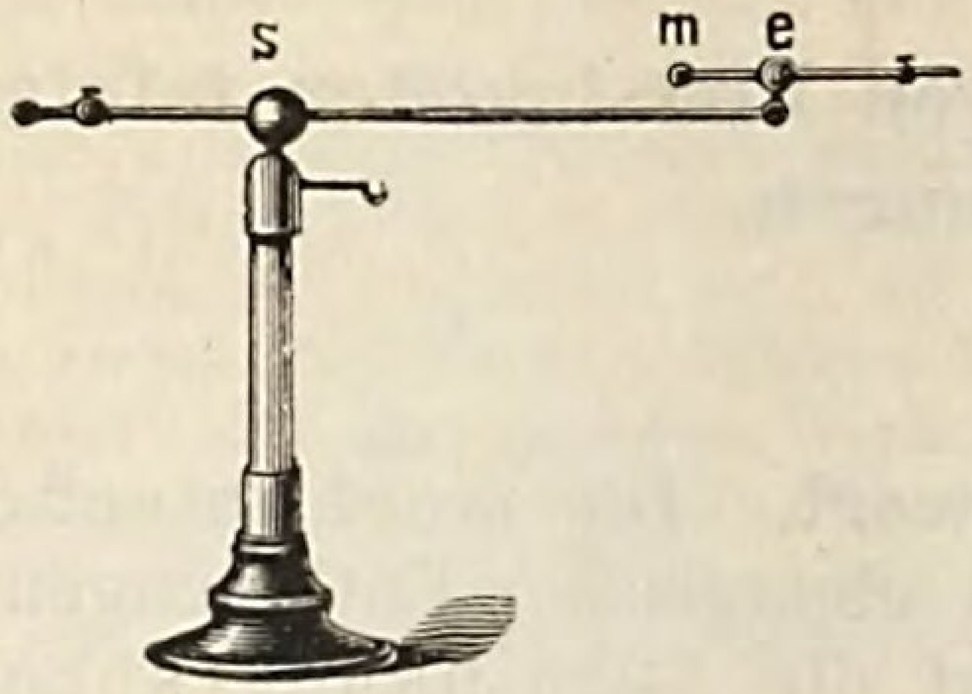
29). Befestigt man auf einem Brett vier isolierende Glassäulchen, von welchen je zwei gleichlang sind, wie die Figur 193 zeigt, spannt über dieselben zwei dünne parallele Drähte und legt alsdann an der tiefsten Stelle einen Draht, welcher beiderseits mit Siegellackknöpfen versehen ist und in der Mitte senkrecht zu seiner Achse einen mit umgebogenen und zugespitzten Enden versehenen zweiten dünnen Draht trägt, so auf, dass die obere Spitze nach den kleineren Glassäulchen zeigt, und bringt schliesslich einen der parallel gespannten Drähte in leitende Verbindung mit dem Konduktor einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine, so rotiert der mit den Spitzen versehene Metalldraht um den andern und nimmt eine fortschreitende Bewegung aufwärts an.

30). Hat man ein sog. elektrisches Tellurium, d. i., siehe Figur 194, ein mit einer Spitze versehenes isolirendes Stativ, auf welchem ein mit der grösseren Kugel *s* versehener Stab balancierend ruht, der an beiden Enden mit seitwärts gebogenen Spitzen wie das elektrische Flugrad versehen ist und der am einen Ende auf einer vertikalen Spitze einen zweiten kleineren Stab balancierend trägt, der die kleinere Kugel *e* und die noch kleinere Kugel *m* trägt und ebenfalls an den Enden mit seitwärts gebogenen Spitzen versehen ist,

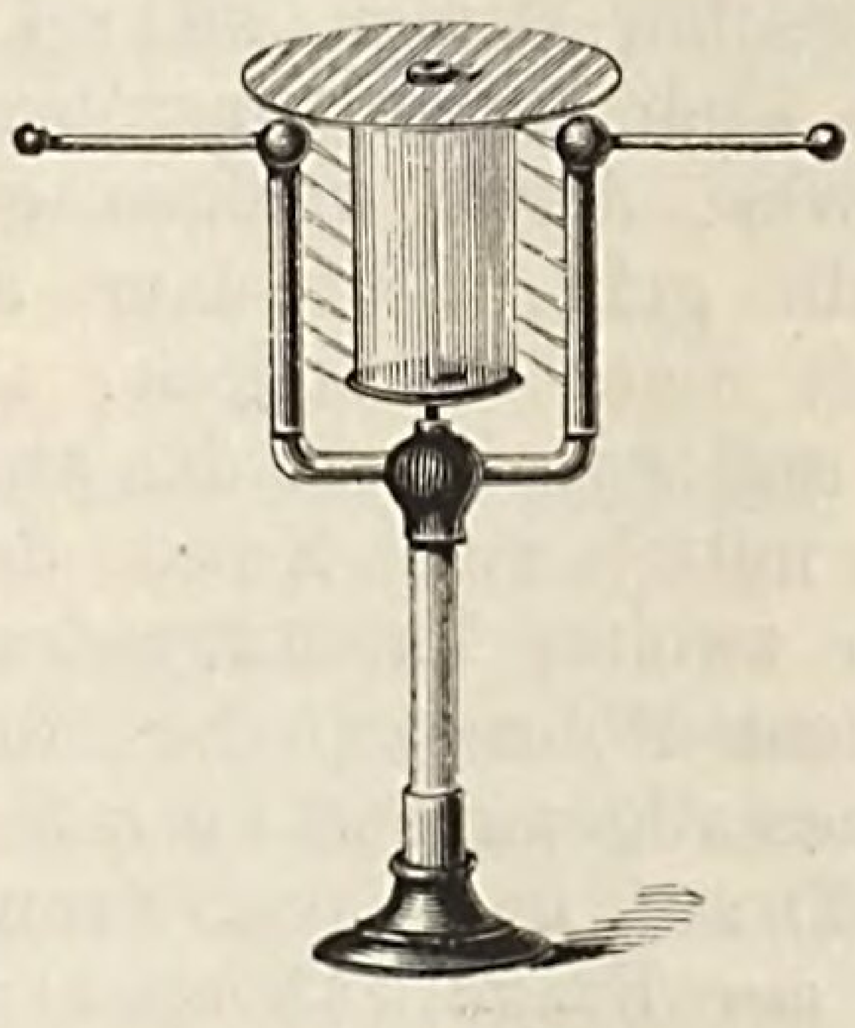
Figur 193.



Figur 194.



Figur 195.



Erkl. 577. Unter einem Tellurium (auch Planetarium genannt) versteht man einen Apparat, mittels welchem man die Bewegung der Erde um die scheinbar feststehende Sonne und die gleichzeitige Bewegung des Mondes um die Erde darstellen kann.

Erkl. 578. Das durch die Figur 194 dargestellte elektrische Tellurium wird in dieser Ausstattung von Mechanikus *Wesselhöft* in Halle angefertigt.

Erkl. 579. Das durch die Figur 195 dargestellte elektrische Turbillon von *Grüel* wird in dieser Ausstattung von dem Mechanikus *Wesselhöft* in Halle ausgeführt.

Der Apparat soll nach *Wesselhöfts* Angaben

und man bringt das an dem Kopf des Stativs angebrachte Häkchen mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitende Verbindung, so wird, wenn die Maschine in Thätigkeit gesetzt wird, die Elektricität aus den Spitzen jener balancierenden Stäbe ausströmen und beide Stäbe werden rotierende Bewegungen in horizontaler Ebene annehmen.

Betrachtet man die grössere Kugel *s* als die Sonne, die kleinere Kugel *e* als die Erde und die noch kleinere Kugel *m* als den Mond, so kann man sich hierdurch die Bewegung der Erde *e* um die scheinbar feststehende Sonne *s* und die gleichzeitig stattfindende Bewegung des Mondes *m* um die Erde *e* darstellen (siehe die Erkl. 577 und 578).

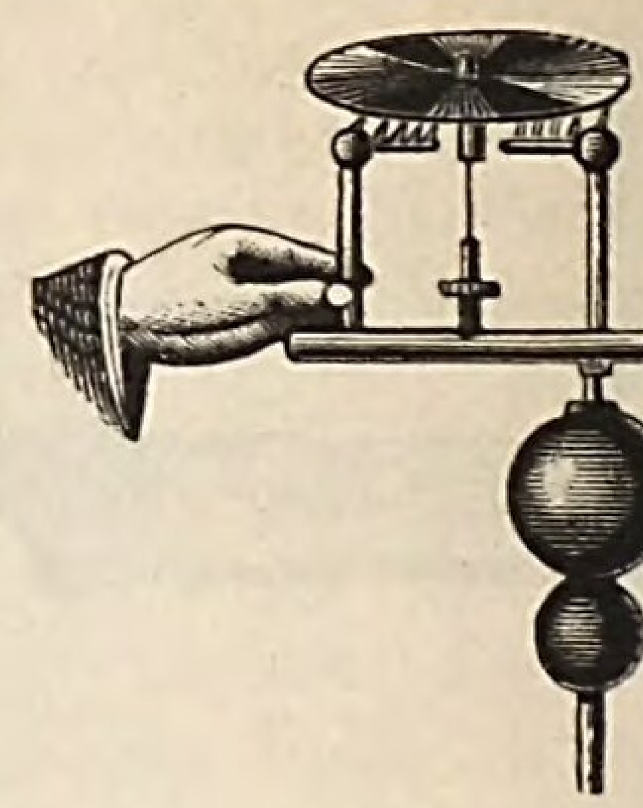
31). Hat man ein sog. elektrisches Turbillon von *Grüel*, d. i., siehe Figur 195, ein isolierendes Stativ, welches einen leichten Glascylinder auf einer Spitze balancierend trägt und an welchem zwei isolierte, vertikal stehende Spitzenkämme angebracht sind, deren Spitzen nach entgegengesetzten Richtungen gegen den Glascylinder gerichtet sind und die mittels der horizontal abstehenden Metallarme in leitende Verbindung mit irgend welchen Elektricitätsquellen gesetzt werden können, und man verbindet den einen der horizontal abstehenden Arme mit dem Hauptkonduktor, den andern mit dem Nebenkonduktor einer Elektrisiermaschine, so wird, wenn die Maschine in Thätigkeit gesetzt wird, infolge der aus den Spitzen der Saugkämme ausströmenden entgegengesetzten Elektricitäten der Glascylinder mitsamt einer darauf befestigten Farbenscheibe in rasche Rotation versetzt.

Das Grüelsche Turbillon kann nicht allein als Spielzeug, sondern bei entsprechend rascher Rotation zu optischen Zwecken benutzt werden (siehe die Erklärungen 579 und 580).

auch bei Benutzung der schwächsten Maschine gut funktionieren.

Erkl. 580. Ein dem umstehend unter 31). beschriebener ähnlicher Apparat ist der durch die Figur 196 dargestellte und ebenfalls von *Wesselhöft* angefertigte Apparat, bekannt unter dem Namen Farbenscheibenapparat. Wird derselbe durch Aufsetzen auf den Konduktor einer Elektrisiermaschine elektrisiert und mittels der Hand, wie die Figur zeigt, mit der Erde in leitende Verbindung gebracht, so rotiert die Farbenscheibe um ihre vertikale Achse.

Figur 196.



β). Ueber die Auseinandersprengung von Flüssigkeiten infolge elektrischer Entladungen.

Frage 213. Durch welche Experimente kann man die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen in bezug auf die Auseinandersprengung von Flüssigkeiten zeigen?

Figur 197.



Erkl. 581. Bei dem durch die Figur 98 dargestellten Henleyschen oder allgemeinen Auslader können die an den Messingstäben *fg* und *hi* angebrachten Kugeln *g* und *h* durch Haken ersetzt werden, um solche Körper anhängen zu können, durch welche ein Entladungsschlag gehen soll.

Erkl. 582. Bei dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment wird die zu zersprengende Glasröhre gewöhnlich noch von einer zweiten Glasröhre umgeben, so dass die Glassplitter sich in derselben sammeln können.

Erkl. 583. Sind bei dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment in dem Wasser Luftblasen vorhanden, so wird diese Luft zusammengedrückt, der Stoss wird infolgedessen gemildert, wodurch oft ein Zerspringen der Röhre verhindert wird.

Erkl. 584. Die Erscheinungen, welche die nebenstehend unter 1). und 2). erwähnten Experimente begleiten, erklären sich dadurch, dass die gewaltsame Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten nicht allein durch die Luft, sondern auch durch Wasser und andre Flüssigkeiten hindurch stattfindet (siehe Erkl. 585), und dass durch die Verdrängung der Flüssigkeit aus dem sogen. Funkenkanal und durch die gleichmässige Fortpflanzung des hier-

Antwort. Die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen in bezug auf die Auseinandersprengung von Flüssigkeiten kann man unter anderm mittels folgender Experimente zeigen:

1). Verschliesst man, siehe Figur 197, das eine Ende einer Glasröhre mittels eines Korks, durch welchen ein Zuleitungsdraht geht, füllt dann die Glasröhre mit einer Flüssigkeit, z. B. mit Wasser, und verschliesst das andre Ende ebenfalls mittels eines Korks, durch welchen ein zweiter Zuleitungsdraht geht, hängt diese Röhre zwischen die beiden Arme eines allgemeinen Ausladers (siehe Erkl. 581) auf und lässt dann, wie in Antwort der Frage 145 erwähnt, einen Entladungsschlag durch die Röhre gehen, so wird dieselbe, wenn der Entladungsschlag kräftig genug war, zertrümmert (siehe die Erkl. 582—584).

2). Füllt man ein leichtes und offenes, z. B. das durch die Figur 198 dargestellte Gefäss, in welchem zwei in kleine Kugeln endigende Zuleitungsdrähte angebracht sind, mit Wasser und lässt in ähnlicher Weise wie vorhin einen Entladungsschlag durch diese Zuleitungsdrähte gehen, so wird das Wasser aus dem offenen Gefäss herausgeschleudert und das offene Gefäss bei einem tüchtigen Entladungsschlag ebenfalls wie jene geschlossene Glasröhre zertrümmert (siehe die Erkl. 585—587).

durch hervorgerufenen Drucks ein starker Druck auf die Wandung der Glasröhre oder des Glasgefässes ausgeübt wird, infolgedessen letztere zertrümmert werden. Die mit dem Entladungsschlag verbundene Wärmeentwicklung (siehe Antwort der Frage 218) trägt allerdings ebenfalls dazu bei, den stattfindenden Druck zu erhöhen. Im allgemeinen offenbart sich die Elektricität bei diesen Experimenten als eine auseinandertreibende Kraft.

Erkl. 585. Dass auch Wasser und andre Flüssigkeiten die Elektricität leiten, kann man unter anderm mittels der in voriger Antwort erwähnten Experimente 20). und 21). zeigen.

Erkl. 586. Geht der Entladungsschlag durch isolierende Flüssigkeiten, z. B. durch Schwefeläther, Olivenöl, Terpentinöl etc., so wird er stets von einem elektrischen Funken begleitet und übt stets eine mechanische Wirkung aus; geht er hingegen durch leitende Flüssigkeiten, z. B. durch Wasser, Alkohol, Säuren, Salzlösungen etc., so sind jene Erscheinungen nicht bedungen.

Erkl. 587. Infolge der gleichmässigen Fortpflanzung des Drucks in einer Flüssigkeit offenbaren sich mechanische Wirkungen elektrischer Entladungen, welche durch Flüssigkeiten gehen, stets stärker, als wenn dieselben durch feste Isolatoren gehen.

Figur 198.

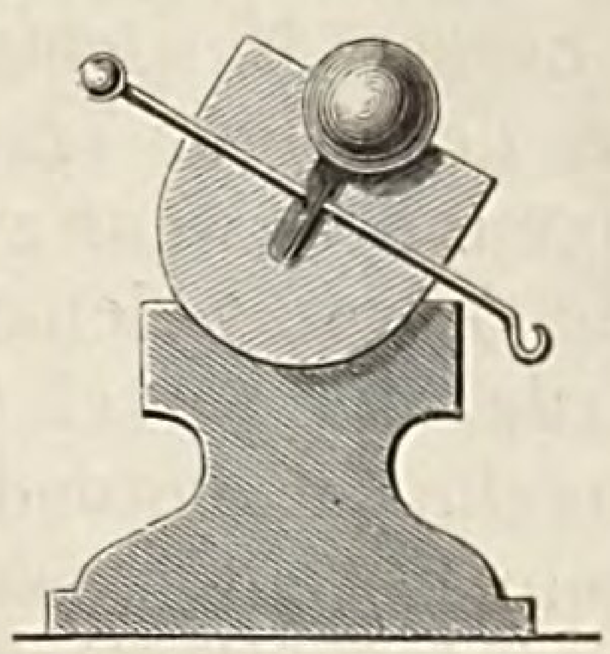


3). Lässt man durch ein mit Quecksilber gefülltes Röhrchen, dessen Wandungen sehr stark sind, einen Entladungsschlag gehen, so wird die Röhre vollständig zersplittert.

γ). Ueber die Expansion von Luft und Gasen infolge elektrischer Entladungen.

Frage 214. Durch welche Experimente kann man die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen in bezug auf die Expansion von Luft und Gasen zeigen?

Figur 199.



Antwort. Die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen in bezug auf die Expansion von Luft und Gasen kann man unter anderm mittels folgender Experimente zeigen:

1). Legt man auf den Tisch A des durch die Figur 98 dargestellten allgemeinen Ausladers leichte Körper, z. B. Korkstücke, Holzspähne, Sand etc., oder man streut Pulver darauf und lässt dicht daneben zwischen den Kugeln g und h einen Entladungsschlag stattfinden, so wird die Luft, die sich an der Unterbrechungsstelle befindet, durchbrochen und nach allen Seiten hin fortgeschleudert (expandiert), was zur Folge hat, dass jene leichte Körperchen nach allen Seiten weithin fortgeschleudert werden.

Erkl. 588. Das durch die Figur 201 dargestellte, von *Harris* konstruierte, von *Riess* aber verbesserte Luftthermometer besteht aus der Glaskugel *A*, die sich nach unten in die auf einer Gradeinteilung angebrachten Glasröhre *B* und in den Flüssigkeitsbehälter *C* fortsetzt.

Zur Aenderung der Empfindlichkeit des Thermometers ist die Glaskugel *A* mit der Röhre *B* etc. auf einem Brettchen *D* befestigt, das in einem Scharnier *F* beweglich ist und mittels der Vorrichtung *G* mehr oder weniger schief gestellt werden kann.

Die Kugel *A* enthält die zwei seitlichen Oeffnungen *a* und *b*, in welchen die Zuleitungsdrähte *f* und *g* luftdicht eingesetzt sind. Die Klemmschrauben *h* und *i* dienen dazu, Leitungsdrähte befestigen zu können, die nach den Elektricitätsquellen führen. Die Kugel *A* enthält ferner noch eine dritte, mittels eines Stöpsels verschliessbare Oeffnung *m*, damit der Luftdruck und die Temperatur im Innern der Kugel mit der äusseren übereinstimmend hergestellt werden kann.

Beim Gebrauch wird das Grundbrett *D*, wie die Figur 201 zeigt, schief gestellt und durch die Oeffnung *m* etwas gefärbtes Wasser in die Kugel *A* und die Röhre *B* gegossen, und zwar soviel, bis dasselbe bis zu einem gewissen Teilstrich in der Röhre *B* gestiegen ist. Dann wird die Kugel *A* wieder geschlossen und mittels der an den Klemmschrauben *h* und *i* angebrachten Zuleitungsdrähte der Entladungsschlag einer Batterie gehen gelassen (siehe die Erkl. 589 und 590).

Erkl. 589. Will man mittels des Riess'schen Luftthermometers die Expansion der Luft beobachten, welche stattfindet, wenn man in das Innere der Kugel *A* einen Entladungsschlag gehen lässt, so bringt man an den Enden der Zuleitungsdrähte *f* und *g* abgerundete Metallstäbe an, ähnlich wie bei dem durch die Figur 200 dargestellten Thermometer von *Kinnersley* (siehe die Erkl. 590 und 591).

Erkl. 590. *Riess* benutzte das durch die Figur 201 dargestellte Luftthermometer besonders dazu, um die Erwärmung von Drähten zu messen, welche stattfindet, wenn man z. B., wie die Figur 201 zeigt, zwischen den Leitungsdrähten *f* und *g* einen spiralförmigen Platindraht *c* einschaltet und durch denselben einen Entladungsschlag gehen lässt, indem durch die Erwärmung des Drahts auch die in der Kugel *A* befindliche Luft erwärmt, ausgedehnt und infolgedessen die in der Röhre *B* befindliche Flüssigkeit zurückgedrängt wird und zwar um so mehr, je grösser die Erwärmung des Drahts *c* ist (siehe Erkl. 591).

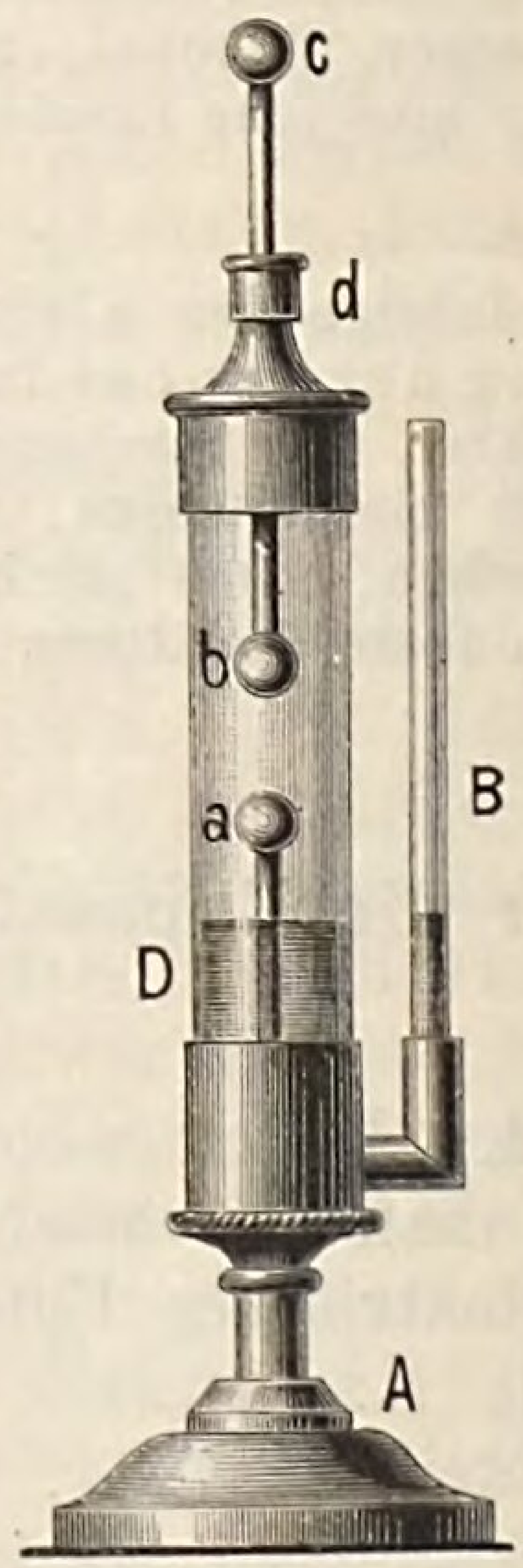
Riess stellte hiernach eine grosse Anzahl von Versuchen über die Erwärmung von Drähten an und kam zu einer Reihe von Resultaten, die im II. Teil dieses Buches aufgeführt sind.

Erkl. 591. Die Thermometerröhre *B* an dem durch die Figur 201 dargestellten Riess-

2). Lässt man innerhalb eines mit einem Kork verschlossenen Gefässes einen Entladungsschlag stattfinden, so wird der Kork infolge der Expansion der Luft fortgeschleudert.

3). Mittels des durch die Figur 199 dargestellten sog. elektrischen Mörsers kann man eine kleine Elfenbeinkugel, die, wie die Figur zeigt, genau in die Höhlung des Mörsers passt, dadurch einige Dezimeter hoch in die Luft schleudern, dass man in dem hinter der Kugel liegenden vollständig abgeschlossenen Raum einen Entladungsschlag stattfinden lässt.

Figur 200.



4). Mittels des durch die Figur 200 dargestellten Luftthermometers von *Kinnersley*, dessen Einrichtung im allgemeinen aus der Figur ersichtlich ist, kann man zeigen, dass wenn zwischen den Kugeln *a* und *b*, von welchen die Kugel *a* mit der Erde, die Kugel *b* mit einer Elektricitätsquelle in leitender Verbindung steht, ein Entladungsschlag übergeht, das in dem Gefäss befindliche gefärbte Wasser infolge der Expansion der Luft in der seitlich angebrachten Röhre *B*, welche mit dem cylindrischen Gefäss *D* in Verbindung steht, in die

schen Luftthermometer wird am besten mit gefärbtem Wasser, nicht mit einer leicht entzündbaren Flüssigkeit, wie Alkohol etc. gefüllt, indem in letzterem Falle nach den Angaben von *Riess* in der Kugel eine entzündliche Luft gebildet wird und dann leicht die Kugel zerspringen kann. Ausserdem darf der Raum zwischen den Stabenden (siehe Erkl. 589) nicht zu gross angenommen werden, da sonst ebenfalls die Expansion der Luft so gross wird, dass die Kugel zerspringen kann.

Erkl. 592. Bei den nebenstehend erwähnten Experimenten offenbart sich der Entladungsschlag als eine auseinandertreibende Kraft.

Erkl. 593. Gase leiten wie die atmosphärische Luft die Elektricität nur unvollkommen.

Die Leitung der Elektricität durch Gase kann man sich wie die durch die atmosphärische Luft dadurch erklären, dass die unelektrischen Gasteilchen von dem elektrisierten Körper angezogen, durch Mitteilung elektrisch gemacht, und dann wieder abgestossen werden, um andern unelektrischen Gasteilchen Platz zu machen, mit welchen derselbe Vorgang stattfindet.

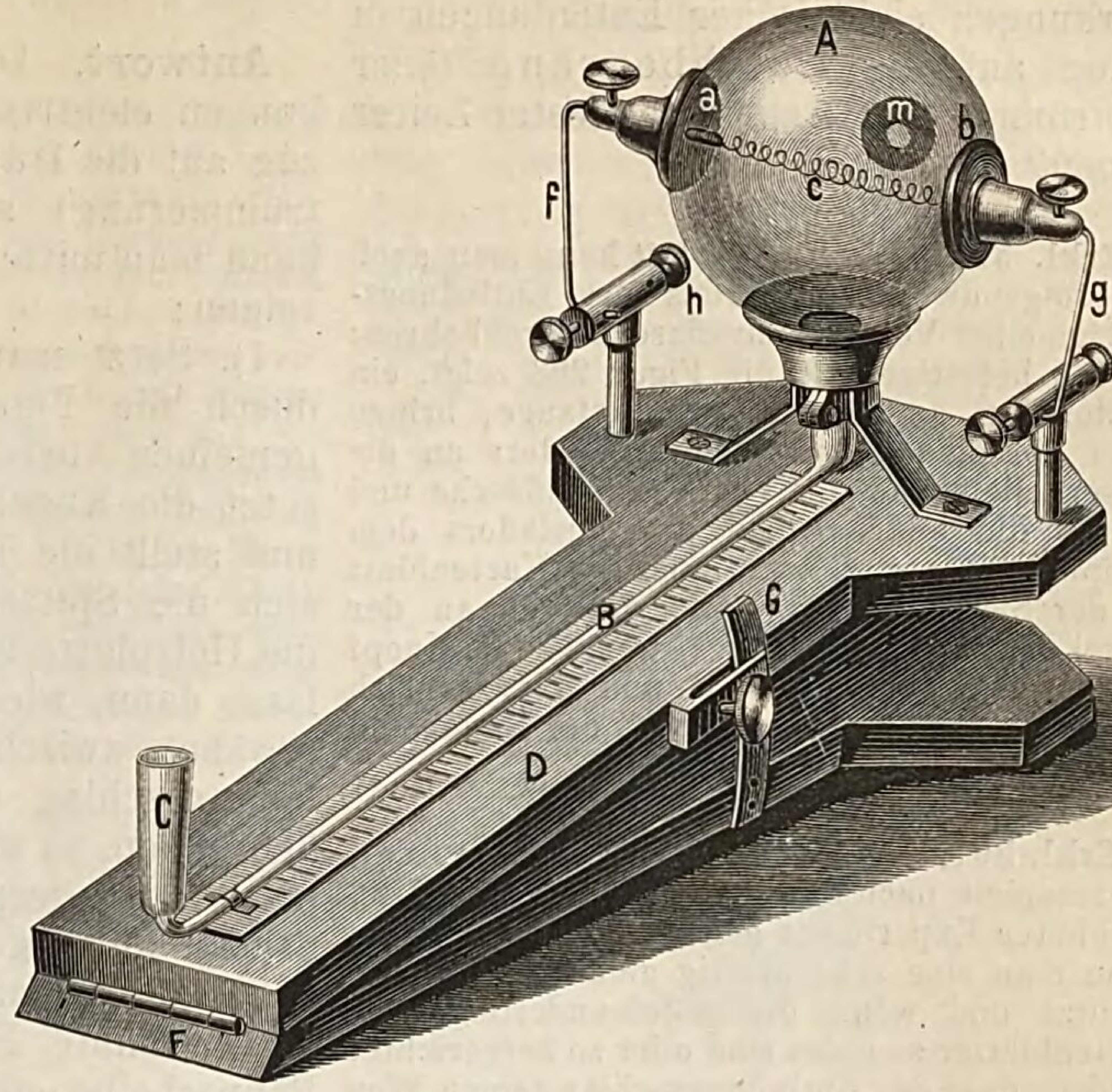
Ob die an sich unvollkommene Leitungsfähigkeit der Gase bei den verschiedenen Gasen eine verschiedene ist, das ist zur Zeit noch nicht genau festgestellt.

Erkl. 594. Da bei jeder Expansion von Luft oder Gasen eine gewisse Wärmeentwicklung verbunden ist, so gehören die nebenstehend angeführten Experimente auch zu den Experimenten, welche sich auf die thermischen Wirkungen elektrischer Entladungen beziehen (siehe Antwort der Frage 218).

Erkl. 595. Die in den Experimenten 4). und 5). erwähnten Thermometer von *Kinnersley* und *Riess* werden dazu benutzt, die durch den Entladungsschlag hervorgerufene Expansion der Gase zu messen. Hierüber findet man näheres in dem II. Teil dieses Buches.

Höhe getrieben wird und darin um ein gewisses steigt.

Figur 201.



5). Mittels des durch die Figur 201 dargestellten elektrischen Luftthermometers von *Riess* kann man in ähnlicher Weise wie mittels des Thermometers von *Kinnersley* zeigen, dass wenn man zwischen den abgerundeten Enden der Metallstäbe (siehe Erkl. 201) einen Entladungsschlag übergehen lässt, das in der Röhre *B* befindliche Wasser in die Höhe zurückgetrieben wird.

δ). Ueber die Durchbohrung (Zertrümmerung) schlechter fester Leiter durch den elektrischen Entladungsschlag.

Frage 215. Durch welche Experimente kann man die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen in bezug auf die Durchbohrung (oder Zertrümmerung) schlechter fester Leiter zeigen?

Erkl. 596. Ein Kartenblatt kann man auch auf folgende Weise mittels des Entladungsschlags einer Verstärkungsflasche durchbohren: Man befestige, wie die Figur 203 zeigt, ein Kartenblatt an einer Siegellackstange, bringe dann die eine Kugel eines Ausladers an die äussere Belegung der Verstärkungsflasche und nähere die andre Kugel des Ausladers dem Knopf der Flasche, halte aber das Kartenblatt an der Siegellackstange so, dass es an der Kugel des Ausladers anliegt, welche dem Knopf der Flasche genähert wird und dass es sich bei dieser Annäherung zwischen der Kugel und dem Knopf der Flasche befindet.

Erkl. 597. Die Durchbohrung eines ganzen Kartenspiels nach dem nebenstehend unter 2). erwähnten Experiment gelingt meist nur dann, wenn man eine sehr kräftig geladene Batterie benutzt und wenn die aufeinanderliegenden Kartenblätter so gross sind oder so hergerichtet werden, dass der Entladungsschlag seinen Weg durch die Karten nehmen muss, aber nicht darüber weggehen kann.

Erkl. 598. Bei der Durchbohrung von Pappscheiben oder eines Kartenspiels nach dem nebenstehend unter 2). beschriebenen Experiment findet man, dass die entstandenen Löcher beiderseits nach aussen aufgerissen erscheinen, als ob die Durchbohrung von innen nach aussen stattgefunden hätte (siehe Erkl. 599).

Erkl. 599. Die in der Erkl. 598 angeführte Erscheinung erklärt *Riess* dadurch, dass sich die mechanischen Wirkungen des Entladungsschlags nach allen Seiten hin fortpflanzen und dass infolgedessen die bei der Durchbohrung von Pappe etc. aufgerissenen Fasern nach der Richtung hin zu liegen kommen, in welcher sie den geringsten Widerstand finden (siehe die Erkl. 600—605).

Erkl. 600. Wird nach *Lüllin* ein Kartenblatt so zwischen die Spitzen des allgemeinen Ausladers befestigt, dass die Spitzen das Kartenblatt beiderseits berühren, aber nicht genau gegenüberstehen, sondern z. B. 2—3 cm von einander abstehen, so wird das Kartenblatt stets an der Spitze durchbohrt, welche mit der äusseren Belegung der Batterie, bezw. mit der $-E$ in Verbindung steht.

Antwort. Die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen in bezug auf die Durchbohrung (oder Zertrümmerung) schlechter fester Leiter kann man mittels folgender Experimente zeigen:

1). Setzt man auf den Tisch A des durch die Figur 98 dargestellten allgemeinen Ausladers eine Holzplatte, ersetzt die Kugeln g und h durch Spitzen und stellt die Entladungsarme so, dass sich die Spitzen gegenüberstehen und die Holzplatte beiderseits berühren, und lässt dann, wie in Antw. der Frage 145 erwähnt, zwischen den Spitzen den Entladungsschlag einer kräftigen Batterie übergehen, so wird die Holzplatte durchbohrt oder gespalten und die einzelnen Stücke umhergeworfen.

2). Macht man das vorstehend unter 1). erwähnte Experiment mittels einer Pappscheibe oder mehrerer Kartenblätter, so wird die Pappscheibe oder jenes Bündel aufeinandergelegter Kartenblätter auf einmal durchbohrt (siehe die Erkl. 596—603).

3). Um analog den vorstehend erwähnten Experimenten eine Glasscheibe oder eine Glimmerplatte zu durchbohren, muss man den Entladungsschlag noch mehr konzentrieren, als dies bei den vorstehend erwähnten Experimenten nötig war und mittels der Spitzen geschah und dabei ein Abspringen des Entladungsfunkens vermeiden. Zu dem Zweck lässt man, wie die Figur 202 zeigt, den Zuleitungsdraht a von der äusseren Belegung einer Batterie durch das Tischchen A gehen und in das Metallplättchen m endigen; auf den Tisch A, bezw. auf das Metallplättchen m legt man die Glasscheibe B und stellt dem Metallplättchen m gerade gegenüber die Metallspitze b, welche, wie die Figur zeigt, mit einer angeschmolzenen Wachsmasse umgeben ist, damit der Entladungsfunke

Erkl. 601. Wird ein mit Mennige eingeriebenes Kartenblatt mittels eines Entladungsschlags durchschlagen, wie bei dem in der Erkl. 600 angeführten Experiment von *Lüllin*, so entsteht auf der positiven Seite eine graue Linie und die beiderseitigen Ränder der entstandenen Oeffnung werden nach aussen aufgerissen.

Erkl. 602. Nach den Versuchen von *Tremery* befindet sich, wenn die in den Erkl. 600 und 601 erwähnten Experimente in luftverdünntem Raum ausgeführt werden, die Durchbohrung stets in der Mitte zwischen beiden Spitzen. *Tremery* schloss hieraus, dass die in der Erkl. 600 erwähnte Erscheinung, nach welcher sich die Durchbohrung der negativen Spitze gegenüber befindet, davon herrühre, dass der von der positiven Spitze ausgehende Entladungsstrom (siehe Erkl. 533) die feuchte Luft vor sich hintreibt, die betreffende Stelle der Karte negativ elektrisch macht und dass sich deshalb an der positiven Seite der Karte die Elektricität leichter bewegt und infolgedessen der Entladungsschlag gegenüber der negativen Spitze stattfinden muss (siehe Antw. der Frage 223).

Erkl. 603. Nimmt man bei den in den Erkl. 600 und 601 erwähnten Versuchen mehrere Karten- oder Stanniolblätter, so werden gewöhnlich die beiden äussersten Blätter an den Spitzen, die inneren aber an einer oder an zwei Stellen mehr nach der Mitte hin durchbohrt.

Erkl. 604. Will man mittels eines Entladungsschlags eine Glasplatte durchbohren, so hat man hierbei folgende Punkte zu beachten:

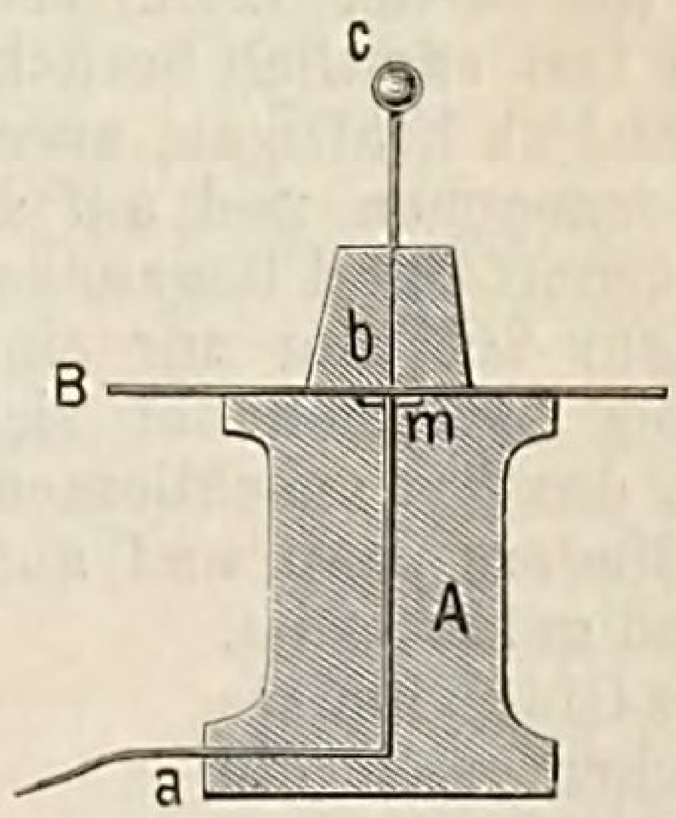
1). Bei der Durchbohrung von Glasplatten, besonders von dicken Glasplatten, kommt es hauptsächlich auf hohe Spannung der Elektricitäten, weniger auf die Mengen der sich vereinigenden Elektricitäten an, deshalb empfiehlt *Holtz* in solchen Fällen statt den Entladungsschlag einer Verstärkungsflasche den Entladungsschlag des Konduktors einer gut wirkenden Elektrisiermaschine (z. B. der Winterschen Maschine mit aufgesetztem Verstärkungsring, siehe Figur 44) zu benutzen, indem die auf dem Konduktor einer Elektrisiermaschine angesammelte Elektricität eine höhere Spannung hat als die auf den Belegungen einer Verstärkungsflasche.

2). Aus dem vorstehend erwähnten Grund müssen auch die Spitzen, zwischen welchen der Entladungsschlag stattfindet, genau einander gegenüberstehen, nicht etwa wie bei dem in der Erkl. 600 angeführten Lüllinschen Versuch. Dr. *Müller* empfiehlt in seiner Physik deshalb den durch die Figur 204 dargestellten Apparat, bei welchem die Spitzen, zwischen welchen die Glasplatte zu liegen kommt, genau vertikal übereinanderstehen.

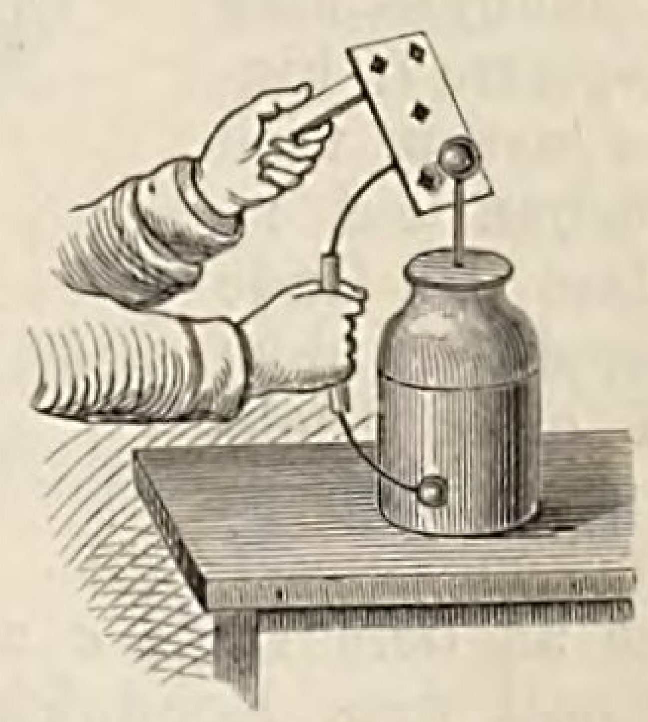
3). Da Glas sehr hygroskopisch ist, also leicht die Feuchtigkeit aus der Luft aufnimmt,

nicht abspringen kann. Bringt man den Knopf *c* der Spitze *b* mittels eines Ausladers in leitende Verbindung mit der inneren Belegung der Batterie, so findet ein Entladungsschlag zwischen *m* und *b* durch die Scheibe *B* statt. Ein so konzentrierter und vor dem Abspringen bewahrter kräftiger Entladungsschlag vermag eine ziemlich dicke Glasscheibe sternförmig zu durchbohren (siehe die Erkl. 604—610).

Figur 202.



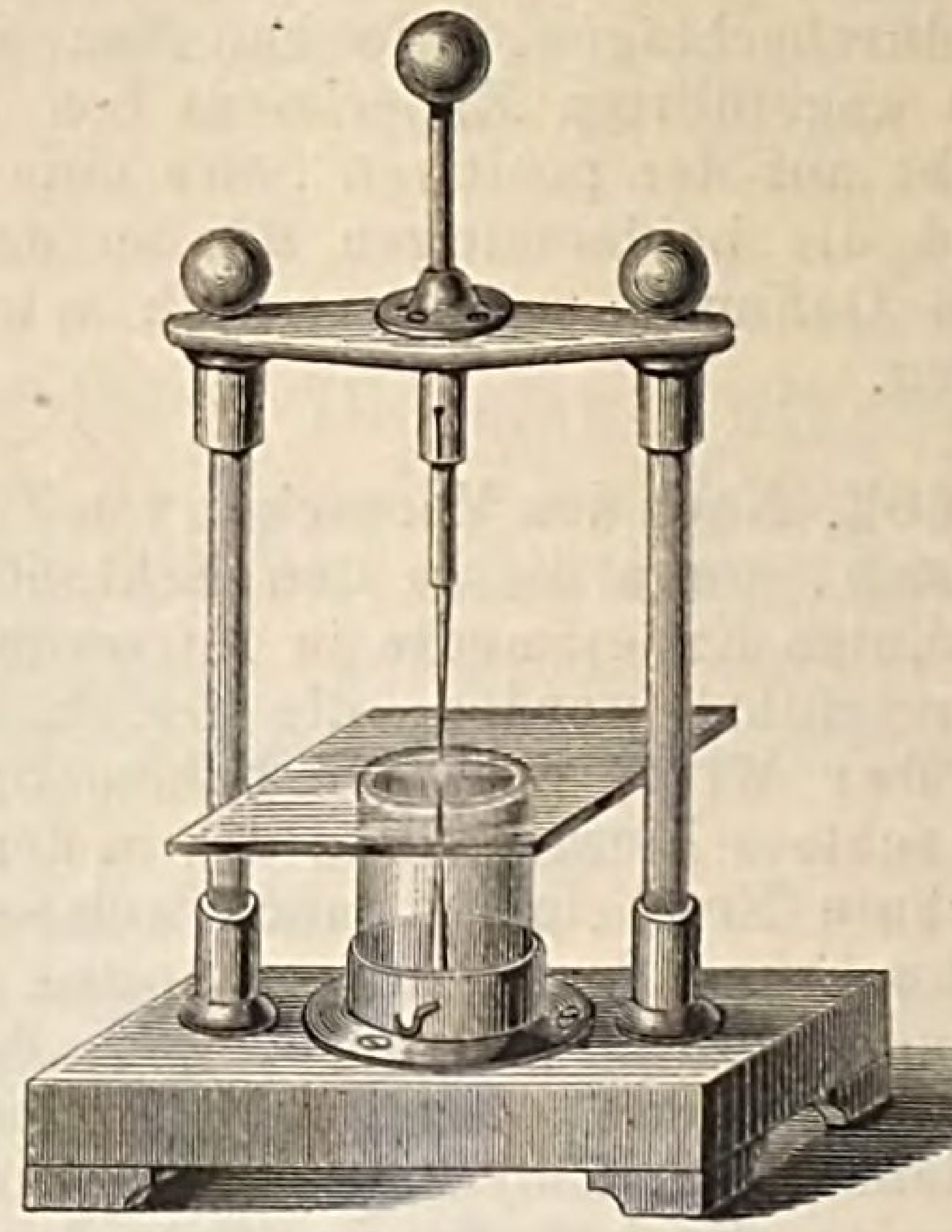
Figur 203.



so müssen die Glasflächen gut mit Schwefeläther und Alkohol abgewaschen werden, dabei ist sehr zu empfehlen, die Glasflächen mit einer dünnen Fettschicht zu überziehen. *A.v. Wallendorf* empfiehlt bei Durchbohrung von Glasplatten von geringerer Dicke, z. B. 1—2 mm, an der Stelle, wo der Entladungsschlag hindurchgehen soll, etwas Stearin (oder Wachs, Paraffin, Olivenöl etc.) aufzuträufeln, damit der Entladungsschlag nicht um die Glasplatte herum, sondern durch dieselbe stattfindet.

4). Sollen dicke Glasplatten von einem Entladungsschlag durchbohrt werden, so muss die Spitze, von welcher der Entladungsschlag ausgeht, gut isoliert sein, damit kein seitliches Ausströmen der Elektricität vor dem Entladungsschlag stattfindet.

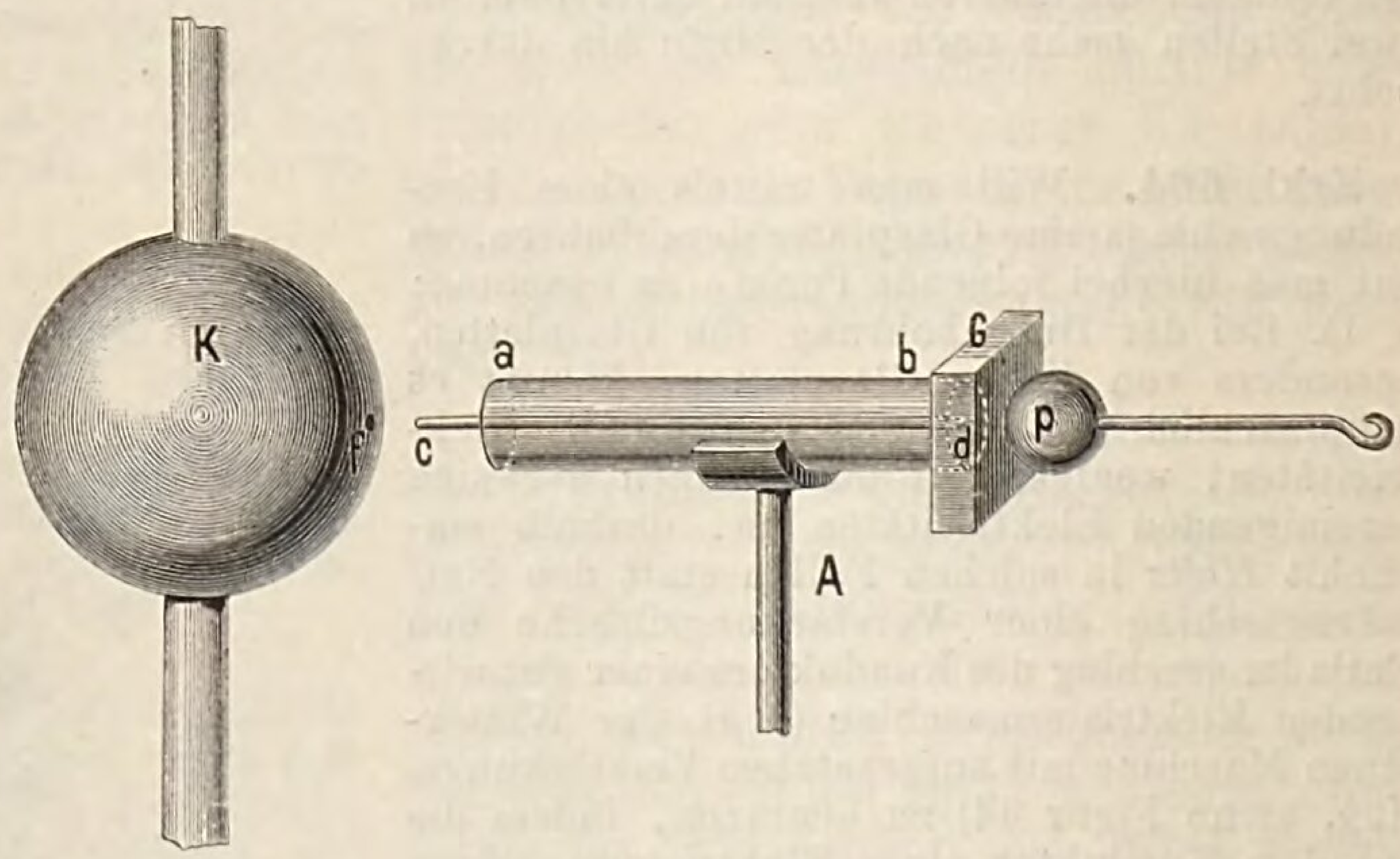
Figur 204.



Erkl. 605. Dr. *Holtz* hat zum Durchschlagen dicker Glasplatten folgende Vorrichtung benutzt, bei welcher die in der Erkl. 604 angeführten Bedingungen fast sämtlich berücksichtigt sind:

In dem ziemlich kräftigen, aussen mit Schellackfirnis überzogenen und auf dem isolierenden Stativ *A* horizontal liegenden Glascylinder *ab*, siehe Figur 205, der nur eine circa 1 mm weite Oeffnung hat, befindet sich das Stahlstäbchen *cd*, das fest anschliessend in die Oeffnung des Cylinders passt und an dem Ende *d* zugespitzt und gehärtet ist. Das Ende des Glascylinders *ab*, an welchem sich die Spitze des Stahlstäbchens *cd* befindet, ist gut abgeschliffen und auf dasselbe wird die Glasplatte *G*, nachdem das Ende *b* des Glascylinders *ab* und die Glasplatte *G* etwas erwärmt ist, mittels eines guten Kitts aufgekittet (siehe Erkl. 606). Um einen Entladungsschlag durch die Glasplatte *G* hindurchgehen zu lassen, wird das Stahlstäbchen *cd* so verschoben, dass das Ende *c* desselben in das in dem Konduktor *K* einer Elektrisiermaschine befindliche Loch *f* zu stecken kommt, oder dass eine an dem Ende *c* angeschraubte kleine Kugel mit dem Konduktor *K* in Berührung kommt, und dass das spitzige Ende *d* die Glasplatte *G* berührt, dann wird genau der Spitze *d* gegenüber die mit der Erde in gut leitender Verbindung stehende Kugel *p* gestellt und die Elektrisiermaschine durch Drehung der Kurbel in Thätigkeit gesetzt, wonach bald der Entladungsschlag zwischen *d* und *p* durch die Glasplatte *G* stattfinden wird.

Figur 205.



Erkl. 606. Die Masse, welche *Holtz* zum Aufkitten der Glasplatte *G* an dem Glascylinder *ab*, siehe Figur 205, benutzte, war ein Zu-

sammenschmelzungsprodukt von 1 Teil Schellack und 2—3 Teilen venetianischem Terpentin.

Erkl. 607. Je nach der Grösse der elektrischen Funken, welche sich mittels einer Elektrisiermaschine erzielen lassen, kann man mehr oder weniger dicke Glasplatten durchschlagen. Nach den in der Erkl. 605 angeführten Versuchen von *Holtz* kann man mittels Maschinen, welche 8, 16 oder 32 cm lange Funken ergeben, bew. $^1/_2$, $1^1/_2$ und 4 cm dicke Glasplatten durchschlagen.

Erkl. 608. Die Durchbohrungen von Glasplatten mittels des Entladungsschlags haben nicht die Form von geraden glattrandigen cylinderigen Oeffnungen, sondern sie sind mehr oder weniger gezackt und ausserdem sind die Ränder einer solchen Durchbohrung ringsum etwas aufgerissen.

Werden dünne Glasscheiben durch den Entladungsschlag aus dem Konduktor einer Elektrisiermaschine durchbohrt, so wird man die Durchbohrung nur mittels der Lupe sehen können.

Erkl. 609. Ueber das Durchschlagen von Glasplatten wurden von *A. v. Wallendorf*, von *E. Mack* und *S. Doubrowa* mancherlei interessante Experimente angestellt. Diese Versuche sind enthalten in Dingl. polytechn. Journal Bd. 179 und in den Wiener Akad. Berichten Bd. 78 und 79.

Erkl. 610. Benutzt man bei dem vorstehend unter 3). erwähnten Experiment statt einer Glasplatte eine Glimmerplatte, so findet die Durchbohrung der Platte meist an einer solchen Stelle statt, wo die sogen. Blätterdurchgänge an die Oberfläche treten oder ihr am nächsten sind. Hieraus ergibt sich, dass Glimmer die Elektricität in der Richtung seiner Blätterdurchgänge besser leitet als in der hierzu senkrechten Richtung.

ε). Ueber die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen, durch welche das Glühen und Schmelzen von Drähten eingeleitet wird.

Frage 216. Durch welche Experimente kann man die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen zeigen, durch welche das Glühen und Schmelzen von Drähten eingeleitet wird?

Antwort. Die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen, durch welche das Glühen und Schmelzen von Drähten eingeleitet wird (siehe die Erkl. 611—613), kann man mittels folgender Experimente zeigen:

1). Lässt man durch einen dünnen Metalldraht den Entladungsschlag einer ziemlich kräftig geladenen Batterie gehen, so wird der ganze Draht, wenn er nicht

Erkl. 611. Die nebenstehend unter 1). bis 6). erwähnten Experimente wurden von *Riess* angestellt; mittels derselben bewies er, dass das Glühen und Schmelzen von dünnem Metalldraht nicht allein eine Folge der den Entladungsschlag begleitenden Wärmewirkungen,

sondern gleichzeitig auch eine Folge mechanischer Wirkungen ist, dass letztere den ersteren vorauszugehen scheinen (siehe Erkl. 612) und hauptsächlich in einer Auflockerung des Drahts bestehen.

Die bei diesen Experimenten auftretenden Erscheinungen hängen im allgemeinen von dem Material, aus welchem der Draht besteht, von der Art der Befestigung, von der Beschaffenheit der Oberfläche des Drahts u. a. m. ab.

Erkl. 612. Der Zusammenhang, welcher zwischen den mechanischen Wirkungen der auseinandertreibenden Kraft elektrischer Entladungen und den sie stets begleitenden Wärmewirkungen besteht, ist noch nicht vollständig aufgeklärt. Bei leicht oxydierbaren Drähten wies *Riess* nach, dass das Glühen und Schmelzen nur eine sekundäre Wirkung des Entladungsschlags ist, indem er zeigte, dass z. B. das Glühen von Eisendrähten, nachdem der Entladungsschlag erfolgt ist, an Stärke zunimmt und dass dann erst nach einer messbaren Zeit das Schmelzen eintritt. Der Entladungsschlag scheint also den Verbrennungsprozess einzuleiten und durch die dabei entwickelte Wärme das Glühen und Schmelzen hervorgerufen zu werden.

Erkl. 613. Lässt man nach *Franklin* durch einen zwischen zwei beschwerten Glasplatten befindlichen Goldblattstreifen den Entladungsschlag durchgehen, so zerstäubt der Goldschaum vollständig, schmilzt unter Umständen in das Glas ein und zeigt sich nur noch als matter Staub. Die Glasplatten selbst werden häufig zersplittert.

Erkl. 614. Alle mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen, welche auf eine auseinandertreibende Kraft zurückgeführt werden können, sind nach den Erkl. 611 bis 613 auch Folgen der thermischen Wirkungen elektrischer Entladungen (siehe Antwort der Frage 217).

Erkl. 615. Lässt man nach *Nelis* durch einen dünnen und kurzen Eisendraht, der sich in einer Röhre befindet, einen kräftigen Entladungsschlag gehen, so wird der Draht zerstäubt und die Röhre zertrümmert. Wird ein solcher in einer Röhre befindlicher Draht, anstatt wie bei dem soeben erwähnten Experiment mit Luft, mit Wasser oder Oel umgeben, so ist die Wirkung eine bedeutend stärkere und es können Metallröhren hierdurch aufgerissen und zertrümmert werden.

so dick ist, dass er den Entladungsschlag wirkungslos hindurchgehen lässt, erschüttert und man sieht von dem Draht ein dichtes graues Wölkchen aufsteigen, welches von Metallteilchen, die von der Oberfläche des Drahts losgerissen wurden, gebildet wird.

Da wo der Draht an dem Schliessungsbogen angebracht ist, treten gleichzeitig sprühende Funken auf.

2). Lässt man nach dem vorstehend unter 1). erwähnten Experiment einen stärkeren Entladungsschlag durch den Draht gehen, so zeigt der Draht bleibende Veränderungen, indem der Draht eine Form annimmt, als ob er an mehreren Stellen mittels eines Instruments gebogen oder eingeknickt worden sei. Diese Einbiegungen oder Einknickungen nehmen bei weiteren Entladungsschlägen, die durch den Draht gehen, bis zu einer gewissen Grenze zu.

3). Lässt man nach dem vorstehend unter 2). erwähnten Experiment einen noch stärkeren Entladungsschlag durch den Draht gehen, so wird der Draht glühend und zwar zunächst rot-, dann weissglühend.

4). Lässt man nach dem vorstehend unter 3). erwähnten Experiment einen abermals stärkeren Entladungsschlag durch den Draht gehen, so zerreisst der Draht und zersplittert in eine Menge kleiner Stückchen; lässt man aber

5). nach dem vorstehend unter 3). erwähnten Experiment einen noch bedeutend kräftigeren Entladungsschlag durch den Draht gehen, so werden jene abgesplitterten Stückchen [siehe Experiment 4).] noch viel kleiner, schmelzen aber an der Oberfläche und fliessen in eine geschmolzene Kugel zusammen.

6). Lässt man nach dem vorstehend unter 3). erwähnten Experiment einen noch viel käftigeren Entladungsschlag durch den Draht gehen, so wird der Draht vollständig zerstäubt und zwar unter einer glänzenden Lichterscheinung und verbunden mit einem starken Knall (siehe die Erkl. 614 und 615).

ζ). Ueber die Herstellung elektrischer Zeichnungen.

(Staubfiguren und Staubbilder, Hauchfiguren und Hauchbilder.)

Frage 217. Durch welche Experimente kann man die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen in bezug auf die Herstellung elektrischer Zeichnungen zeigen?

Erkl. 616. Die Linien und Zeichnungen, welche durch elektrische Entladungen entstehen, kann man in folgende Arten einteilen:

1). in solche, welche auf guten und schlechten Leitern durch einfache mechanische Einwirkungen entstehen und unmittelbar sichtbar sind [siehe die Experimente 1). bis 3).];

2). in solche, welche auf schlechten Leitern dadurch entstehen, bezw. erst sichtbar werden, dass Elektricität auf Staubteile anziehend und abstossend wirkt; dahin gehören die Lichtenbergischen Staubfiguren und die Staubbilder [siehe die Experimente 4). bis 7).];

3). in solche, welche auf guten Leitern erst dadurch entstehen, bezw. erst sichtbar werden, dass Elektricität auf Staubteile anziehend und abstossend wirkt; dahin gehören die Kundtschen Figuren [siehe das Experiment 3).];

4). in solche, welche auf guten oder schlechten Leitern dadurch entstehen, dass die fremde Schicht, welche die Oberfläche eines jeden Körpers bedeckt, eine gewisse mechanische Aenderung erleidet und welche erst dadurch sichtbar werden, dass sich auf der geänderten oberflächlichen Schicht Dämpfe kondensieren; dahin gehören die Hauchfiguren und die Hauchbilder [siehe die Experimente 8). bis 10).];

5). in solche, welche auf guten oder schlechten Leitern dadurch entstehen, dass die fremde Schicht, welche die Oberfläche eines jeden Körpers bedeckt, eine gewisse mechanische Aenderung erleidet, und welche unmittelbar sichtbar sind; dahin gehören die Priestleyschen Ringe und die elektrolytischen Bilder [siehe die Experimente 11). bis 13).].

Erkl. 617. Die Staublinien, welche man nach dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment erhält, entstehen dadurch, dass die Luft dem zwischen den Spitzen stattfindenden Entladungsschlag ziemlich regelmässig nach allen Seiten hin ausweicht. Die Bildung dieser Linien beruht also nur auf der durch den Entladungsschlag hervorgerufenen Expansion der Luft. Dass dies der Fall ist, bewies *Abria* dadurch, dass er mittels Knallerbsen oder mittels in Seifeblasen gefülltem Knallgas, welche über einer mit Staub bedeckten Marmortafel entzündet wurden, ähnliche Linien erzeugte.

Erkl. 618. Die nach nebenstehendem Experiment 2). in eine isolierende Platte gezeich-

Antwort. Die mechanischen Wirkungen elektrischer Entladungen in bezug auf die Herstellung elektrischer Zeichnungen, als Linien, Staubfiguren, Staubbilder, Hauchfiguren, Hauchbilder, elektrolytische Bilder etc. (siehe Erkl. 616) kann man mittels folgender Experimente zeigen:

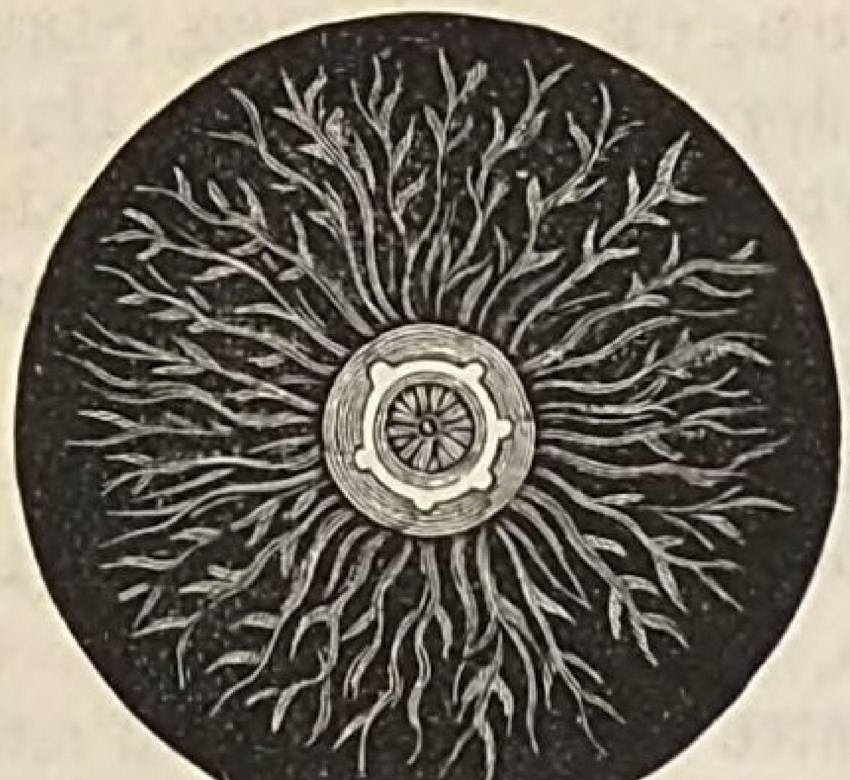
1). Siebt man nach *Abria* Kreidepulver auf eine Metallplatte und lässt zwischen zwei circa 30 mm über der Metallplatte befindlichen und circa 15 mm von einander entfernt stehenden Spitzen mehrere Entladungsschläge übergehen, so zeigen sich in dem Kreidepulver sehr feine aneinandergereihte Linien, welche fast senkrecht auf der Projektion der Verbindungslinie jener Spitzen stehen. Auch bei Anwendung andrer Punkte und andrer Unterlagen aus Holz, Glas, Marmor etc. bilden sich diese Linien (siehe Erkl. 617).

2). Bringt man, ähnlich wie bei dem unter 1). erwähnten Experiment, zwischen die Spitzen des allgemeinen Ausladers eine isolierende Platte, z. B. eine Glas- oder Glimmerplatte so, dass die Spitzen auf dieser Platte aufsitzen, aber nicht gerade gegenüberstehen, sondern etwas von einander entfernt sind, und man lässt einen Entladungsschlag zwischen diesen Spitzen übergehen, so geht der den Entladungsschlag begleitende Entladungsfunke, durch welchen nach der Erkl. 534 die Richtung des Entladungsstroms gekennzeichnet ist, ein Stück Wegs über die Oberfläche der Platte fort und lässt auf diesem Weg eine unauslöschliche Linie zurück. Bestand jene isolierende Platte aus hartem Glas, Bergkrystall, oder aus einem andern harten Mineral, so hat jene Linie eine mattgraue Färbung (siehe die Erkl. 618 und 619).

3). Entladet man die eine Belegung einer Verstärkungsflasche durch eine Metallspitze gegen die Mitte einer hori-

nete Linie ist eine Folge einer mechanischen Wirkung des Entladungsschlags. Fährt man mit dem Fingernagel über eine solche Linie, so hört man ein Knirschen, geradeso als ob die Linie durch Wegreiben der äusseren Politur der Fläche mittels Sand entstanden wäre [siehe auch die unter 11). bis 13). angeführten Experimente].

Figur 206.



Erkl. 619. Benutzt man bei dem unter 2). erwähnten Experiment eine Glimmerplatte, so kennzeichnen sich die Wege, welche die Elektricitäten bis zu ihrer Vereinigung machen, durch zwei geschlängelte Farbstreifen, welche im direkten Licht hellgrau, im reflektierten Licht schön gefärbt erscheinen.

Figur 207.



Erkl. 620. Die Figuren, welche man nach dem nebenstehend unter 3). erwähnten Experiment erhält, wurden von Prof. *August Kundt* entdeckt; sie heissen nach ihm die Kundtschen Figuren und unterscheiden sich wesentlich von den Lichtenbergischen Figuren (siehe Erkl. 623) dadurch, dass erstere auf einer leitenden, letztere auf einer isolierenden Fläche entstehen.

Erkl. 621. Ueber die Kundtschen Figuren findet man ausführliches in Pogg. Ann. Bd. 136, Seite 612.

zontalen Metallscheibe, welche mit Schwefelstaub oder Lykopodium bestreut und mit der andern Belegung der Flasche leitend verbunden ist, und man bläst den Staub weg, so bleibt ein Teil desselben auf einer Kreisfläche an der Scheibe hängen (siehe die Erkl. 620—622).

4). Lässt man auf eine isolierende Fläche, z. B. auf eine Harz-, Pech- oder Schellackscheibe einen elektrischen Entladungsschlag übergehen, indem man, wie *Lichtenberg* es that, ein kleines Metallrohr aufsetzt und durch dieses den Entladungsschlag einer Verstärkungsflasche übergehen lässt, oder indem man mittels der Harzplatte direkt den Knopf einer geladenen Verstärkungsflasche berührt, und streut dann aus einem leinenen Beutelchen auf diese Harzplatte Lykopodium (semen lycopodii, Bärlappsamen) oder gepulvertes Kolophonium, Schwefelblumen oder Mennige, so entsteht, wenn die innere Belegung der Verstärkungsflasche mit positiver Elektricität geladen war, eine durch die Figur 206 dargestellte, weithin verästelte eisblumenartige Strahlenfigur; war hingegen die innere Belegung der Verstärkungsflasche mit negativer Elektricität geladen, so entsteht keine solche Strahlenfigur, sondern, wie die Figur 207 ungefähr zeigt, eine kleine strahlenlose, runde, abgegrenzte Figur.

Die Entstehung dieser Staubfiguren, von welchen die erste die positive, die zweite die negative Staubfigur genannt wird, erklärt man sich dadurch, dass das Pulver, welches durch Schütteln aus den kleinen Oeffnungen des leinenen Beutelchens herausgetrieben wird, durch Reibung an diesen kleinen Oeffnungen elektrisch wird und sich alsdann auf der Harzplatte da ansetzt, wo sich die entgegengesetzte Elektricität befindet (siehe die Erkl. 623—626).

5). Benutzt man nach *Villarsy* bei dem unter 4). erwähnten Experiment zum Bestäuben der elektrisierten Harzplatte ein Gemenge von Mennige und Schwefel, welches durch Musselin gebeutelt wird, so wird die positive Figur von Schwefel gebildet, da Schwefel

Erkl. 622. Von *Kundt*, *Schnebili* und *Karrass* wurde nachgewiesen, dass der Durchmesser der Kundtschen kreisförmigen Staubfiguren

1). bei gleicher Ladung mit der Entfernung der Spitze,
2). bei gleicher Entfernung mit der Stärke der Ladung,
3). bei gleicher Entfernung und gleicher Ladung mit der Dichte der Uebergangsstellen und
4). mit der Feinheit der Spitze wächst.

Die Anziehung der Pulverteilchen rührt daher, dass dieselben elektrisch werden.

Erkl. 623. Die Figuren, welche man nach dem nebenstehend unter 4). erwähnten Experiment erhält, werden nach ihrem Entdecker, Professor *Lichtenberg* in Göttingen, die Lichtenbergischen Figuren genannt.

Erkl. 624. Früher glaubte man die Ursache der Verschiedenheit der Lichtenbergischen Staubfiguren [siehe nebenstehendes Experiment 4).] darauf zurückzuführen müssen, dass die beiden Elektricitäten verschiedene Eigenschaften hätten; nachdem jedoch nachgewiesen wurde, dass wenn der Entladungsschlag auf die Harzplatte im luftverdünnten Raum erfolgt, die erhaltenen Figuren in allen Fällen nur in rundlichen Flecken bestehen, liess man diese Annahme fallen und suchte sich dieselbe in andrer Weise zu erklären. Nach der Ansicht von *Riess* zerreisst die von der inneren Belegung (von dem Knopf) der Verstärkungsflasche überströmende Elektricität zunächst die auf der Oberfläche der Harzplatte kondensierte atmosphärische, aus Luft und Wasserstoff bestehende Luft. Da nun hierdurch die Luft- und Wasserteilchen ziemlich kräftig weithin auseinandergetrieben werden, und hierdurch eine Reibung zwischen denselben und der Harzplatte stattfindet, so wird durch die Reibung der Wasserteilchen an der Oberfläche der Harzplatte letztere, wie *Faraday* nachgewiesen hat (siehe Erkl. 298), negativ elektrisch, und die positive Elektricität, welche von der inneren Belegung der Verstärkungsflasche übergeht, wird sich infolgedessen über die Stellen verbreiten, welche nach vorstehendem negativ elektrisch wurden, und wird somit eine grössere Fläche einnehmen, als wenn von der inneren Belegung der Verstärkungsflasche $-E$ auf die Platte übergeht, da letztere von der durch den Wasserstoff im Moment der Entladung auf der Platte erregten gleichnamigen $-E$ abgestossen, aber nicht angezogen wird.

Nach *Riess* scheint also die Bedingung der Entstehung der Lichtenbergischen Figuren in der Luft und in einer dünnen feuchten Schicht zu liegen, welche auf der Oberfläche der Harzplatte lagert, ganz ähnlich wie bei den Hauchfiguren und Hauchbildern (siehe die Erkl. 626, 635 und 637).

durch Musselin gebeutelt — elektrisch wird, während die negative Figur von Mennige gebildet wird, da Mennige durch Musselin gebeutelt + elektrisch wird; hiernach erhält man beide Figuren in gelber und roter Färbung.

6). Benutzt man nach *Riess* zur Herstellung der Lichtenbergischen Figuren eine beiderseits mit Harz überzogene Blechscheibe und legt auf der einen Seite eine isolierte Nadel, auf der andern Seite eine mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehende zweite Nadel an, wozu *Riess* den später beschriebenen Funkenmikrometer benutzte; lässt alsdann auf erstere Nadel einen + elektrischen Entladungsschlag übergehen, so erhält man auf der ersten Seite, wenn man dieselbe mit einem Pulvergemenge von Schwefel und Mennige bestäubt und das überflüssige Pulver sorgfältig entfernt, eine strahlenförmige gelbe Figur; auf der andern Seite hingegen, wenn man dieselbe Operation vornimmt, einen circa 7 mal kleineren runden, roten Fleck. Die strahlenförmige gelbe Figur entsteht durch den Eintritt der $+E$; die fleckenartige, rote und kleine Figur entsteht durch den Eintritt der $-E$ (der Influenzelektricität der 1ten Art), welche aus dem Erdboden hergeleitet wird (siehe die Erkl. 627 und 628).

7). Setzt man auf eine abgeleitete Pechfläche ein mit einem isolierenden Handgriff versehenes Metallmodell, z. B. einen Metallstempel, auf welchem Buchstaben oder ein Bild tief eingeschnitten sind, und man berührt den Stempel mit dem Knopf einer mit $+E$ geladenen Leydener Flasche, hebt den Stempel ab und bestreut dann die Stelle mit einem Pulvergemenge von Schwefel und Mennige, so erhält man ein schwaches negatives, rotes Staubbild an den Stellen, wo sich die Erhöhungen des Stempels befanden, welches an den Stellen, wo sich die Vertiefungen des Stempels befanden, ringsum eine gelbe, positive Umgrenzung zeigt.

Die Bildung des rotgefärbten Staubbildes rührt nach *Riess* daher, dass die

Erkl. 625. Die Lichtenbergischen Figuren kann man auch erhalten, wenn man Tabaksrauch über die elektrisierte Stelle einer isolierenden Fläche bläst.

Erkl. 626. *E. Reitlinger* und *Fr. Wächter* erklären das Elektrisieren der Harzoberfläche dadurch, dass bei dem Entladungsschlag von dem Zuleitungsdraht, der nach der positiven Elektricitätsquelle führt, Metall- oder Staubteilchen losgerissen werden, dass dieselben an der Harzoberfläche hinstreichen und stellenweis derselben ihre $+E$ abgeben. Sie stützen ihre Aussage darauf, dass in dem Fall, wenn der Entladungsstrom durch Einschalten eines schlechten Leiters verzögert wird und infolgedessen keine Metall- oder Staubteilchen mit fortgerissen werden, jene positive strahlenförmige Figur nicht entsteht.

Erkl. 627. Nach *Riess* sind zur Herstellung der Staubfiguren zwei Hauptbedingungen erforderlich:

1). muss die Platte isolierend genug sein, um nach dem Entladungsschlag genug Elektricität zurückbehalten zu können;

2). muss das Bestäubungspulver fein und beweglich sein, damit es von jener zurückbleibenden Elektricität bewegt und angeordnet werden kann.

Riess empfiehlt Platten von schwarzem Pech und als Bestreuungsmittel Kolophonium oder Schwefelblumen, da beide beim Durchbeuteln durch dichtes Leinenzeug infolge der Reibung stark — elektrisch werden und die positive Staubfigur bedecken, während dann die negative Figur freibleibt.

Lykopodium wird nach *Riess* beim Durchbeuteln durch Leinenzeug schwach + elektrisch und bedeckt beide Figuren, nur die negative Figur etwas stärker.

Erkl. 628. Die Lichtenbergischen Figuren kann man auch dadurch herstellen, dass man die Harzplatte mit einem isolierenden und nicht durchgebeutelten, also nicht elektrisierten Pulver bedeckt, eine Metallnadel auf die Platte setzt und dann den Entladungsschlag aus einer Leydener Flasche übergehen lässt. In diesem Fall wird das Pulver mit gewissen Stellen der Platte gleichnamig elektrisch und infolgedessen von den durch die Elektricität auf der Platte gebildeten Figuren abgestossen.

Diese Figuren, von *Lichtenberg* vertiefte Figuren genannt, geben kein so deutliches Bild als die mittels nebenstehenden Experiments 4). erhaltenen erhabenen Figuren.

Erkl. 629. Führt man das nebenstehend unter 7). erwähnte Experiment im luftverdünnten Raum aus, so erhält man viel schönere und schärfere Bilder, indem die positiven Staubfiguren mehr verschwinden, was man darauf zurückführen kann, dass im luftverdünnten Raum schwache Elektricitätsmengen von lei-

$+E$ des Stempels influenzierend auf die Harzfläche wirkte und $-E$ an die Oberfläche zog, auf welcher die + elektrische Mennige haften bleibt. Die Bildung der gelbgefärbten Umgrenzung des Bildes rührt daher, dass die $+E$ an Stellen, wo sich die Vertiefungen des Stempels befanden, auf die Harzfläche übergegangen ist und deshalb daselbst positive Staubfiguren entstehen. *Riess* stützt seine Aussage darauf, dass das Bild weniger scharf wird, wenn der Entladungsschlag rasch und kräftig erfolgt, in welchem Fall sich die influenzierende Wirkung des positiven Entladungsstroms nicht in der Weise auf das Harz geltend machen kann, als wenn die Ladung des Metallstempels langsam geschieht und dass ferner, wenn der Metallstempel vor dem Abheben entladen wird, in welchem Fall die hervorgerufene Influenzelektricität teilweis wieder neutralisiert wird, das Bild ebenfalls eine undeutlichere Form annimmt (siehe die Erkl. 629—631).

8). Bringt man nach *Riess* zwischen die Spitzen eines Ausladers eine Glimmer- oder Glasplatte so an, als wollte man sie, wie früher erwähnt, mittels eines Entladungsschlags durchbohren, lässt dann einen Entladungsschlag über die Flächen der Platte gehen und haucht dann die Flächen an, so entstehen auf beiden Seiten der Platte ganz gleiche, eigentümlich verästelte Figuren, die sog. Hauchfiguren (siehe Erkl. 632).

9). Lässt man nach *Riess* von einer Spitze auf polierte, mit Gold oder Silber plattierte Kupferplatten mehrere Entladungsschläge übergehen und man haucht diese Platten an den betreffenden Stellen an, so entstehen Hauchfiguren, welche die Form von völlig spiegelnden Kreisflächen haben, die von andern getrübten Kreisen umgeben sind (siehe die Erkl. 633—635).

10). Legt man ein Metallmodell, z. B. eine Münze, auf eine isolierte Platte, z. B. auf eine Glas-, Glimmer- oder besser auf eine frisch hergestellte Pechplatte, welche auf einer mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Metallscheibe ruht, lässt dann eine grössere An-

tenden Körpern auf isolierende Substanzen und umgekehrt nicht so leicht übergehen.

Erkl. 630. Mittels des nebenstehend unter 7). erwähnten Experiments erhält man nach *Riess* reine Staubbilder, wenn man auf den Stempel eine Nadel aufsetzt und dann dem oberen Nadelende den Knopf einer mit $+E$ geladenen Verstärkungsflasche nähert. Hierdurch wird der Stempel durch Influenz elektrisiert und zwar wird er an der Fläche, mit welcher er aufsitzt, schwach + elektrisch. Damit diese geringe $+E$ auch influenzierend auf die Pechfläche wirken kann, muss der Stempel selbst längere Zeit der influenzierenden Wirkung der $+E$ der Verstärkungsflasche ausgesetzt bleiben.

Erkl. 631. Die Unterschiede zwischen den Staubfiguren und den Staubbildern bestehen darin, dass

1). die Staubfiguren stets ganz bestimmte, gesetzmässige Figuren sind, während die Staubbilder mittels eines beliebigen Metallmodells nach demselben gebildet werden können; dass

2). die Staubfiguren stets nur durch einen Entladungsschlag gebildet werden können, während die Staubbilder sowohl mittels eines Entladungsschlags als auch mittels Elektricitätserregung durch Influenz gebildet werden können, und dass letztere bei Anwendung von Influenzelektricität besonders schön und scharf werden, während erstere hierdurch überhaupt nicht entstehen; und dass

3). die Form der Staubfiguren abhängig ist von der Art des den Entladungsschlag begleitenden Entladungsfunkens, indem verschiedene Figuren entstehen, je nachdem der Entladungsfunke + oder — E enthält, während die Staubbilder ganz unabhängig sind von der Art der Elektricität.

Erkl. 632. Die Hauchfiguren wurden 1838 von *Riess* entdeckt (siehe die Erkl. 633—635).

Erkl. 633. Die nebenstehend unter 8). und 9). erwähnten Hauchfiguren beruhen darauf, dass alle festen Körper die Eigenschaft haben, an ihrer Oberfläche Gase, besonders Wasserstoffgas zu kondensieren, und zwar desto stärker, je reiner ihre Oberfläche ist. Bemerkt sei hierbei, dass man aus einer vollkommen spiegelnden Oberfläche nicht auf die Reinheit derselben schliessen kann, indem dieselbe vollkommen gleichförmig von einer durchsichtigen fremden Substanz überzogen sein kann.

Erkl. 634. Die Hauchfiguren, welche man erhält, wenn man nach nebenstehend erwähntem Experiment 8). den Entladungsschlag auf eine isolierende Platte übergehen lässt, sind von andrer Form als die Hauchfiguren, welche man erhält, wenn man nach dem nebenstehend unter 9). erwähnten Experiment den Entladungsschlag auf eine leitende Platte übergehen

zahl Entladungsschläge vom Konduktor zur Münze und von der Münze zur Metallscheibe übergehen, hebt hierauf die Münze ab und haucht die betreffende Stelle der Pechplatte an, so erhält man auf der Glasfläche ein vollständiges Bild der Münze, ein sogen. Hauchbild (siehe die Erkl. 636—638).

11). Lässt man nach *Priestley* zwischen zwei konvexen Metallflächen aus Gold, Silber, Kupfer, Messing, Eisen, Blei, Zinn, Stahl oder Platin Entladungsschläge einer elektrischen Batterie übergehen, so entstehen auf beiden Flächen gleichmässig angeordnete Ringe, die sogenannten Priestleyschen Ringe (siehe die Erkl. 639—641).

12). Lässt man nach *Riess* zwischen einer ebenen Metallfläche aus Stahl oder Kupfer und einer zu ihr senkrecht stehenden Metallnadel Entladungsschläge einer elektrischen Batterie übergehen, so erhält man die unter 11). erwähnten Priestleyschen Ringe in viel hübscherer Form mit den Regenbogenfarben.

13). Setzt man eine Platinnadel auf ein mit Jodkalium angefeuchtetes Papier und lässt einen positiven Entladungsstrom durch die Nadel auf das Papier übergehen, so wird das Jodkalium zersetzt, indem das Jod ausgeschieden wird und es entsteht um die Spitze der Nadel ein brauner Fleck. Dieser Fleck entsteht nicht, wenn der Entladungsstrom in der Richtung vom Papier durch die Nadel geht.

lässt. Die Form der Hauchfiguren richtet sich nach der Substanz der Platte.

Die Hauchfiguren, welche man auf Metallplatten erhält, haben die Form von Scheiben; diejenigen, welche man auf Harz- oder Pechplatten erhält, haben die Form von bandförmig geschlängelten Streifen, und diejenigen, welche man auf Glas- oder Glimmerplatten erhält, haben die Form von vielfach verästelten Linien.

Erkl. 635. *Riess* wies experimentell nach, dass die Hauchfiguren, welche sich auf isolierenden Platten bilden, nicht durch Elektricität gebildet werden, die nach der Entladung auf der Platte zurückgeblieben ist, und führt die Entstehung der Hauchfiguren im allgemeinen darauf zurück, dass infolge des Entladungsschlags die Schicht fremder Substanzen, welche sich auf der Oberfläche aus der Atmosphäre gebildet hat oder künstlich auf ihr angebracht ist, aufreisst und dass an diesen aufgerissenen Stellen, welche die innere Oberfläche der Platte zeigen, das Wasserstoffgas des Hauchs zu einer durchsichtigen Haut kondensiere (siehe die Erkl. 624, 637 und 638).

Erkl. 636. Die Hauchbilder wurden im Jahr 1842 von *G. Karsten* entdeckt.

Erkl. 637. Nach den Untersuchungen von *Riess* sind die Hauchbilder weder nach dem Stoff der Platte verschieden, durch welche sie entstehen, noch nach der Elektricitätsart, mit welcher der Konduktor der Maschine geladen ist, von welchen aus die Entladungen erfolgen. Die Hauchbilder selbst entstehen nach *Riess* durch eine Anzahl abwechselnder entgegengerichteter Entladungen.

Die Entstehung der Hauchbilder ist nach *Riess* wie die der Hauchfiguren im allgemeinen auf die Veränderungen zurückzuführen, welche die elektrischen Entladungen in der die Platte deckenden Schicht fremder Substanzen hervorrufen, die je nachdem in einer Verdichtung oder Verdünnung dieser Schicht bestehen (siehe die Erkl. 624 und 635).

Erkl. 638. Die Unterschiede zwischen den Hauchfiguren und den Hauchbildern bestehen darin, dass

1). die Hauchfiguren stets ganz bestimmte, gesetzmässige Figuren sind, während die Hauchbilder mittels eines beliebigen Metallmodells nach demselben gebildet werden können; dass

2). die Hauchfiguren stets nur durch einzelne Entladungsschläge gebildet werden, während die Hauchbilder durch abwechselnd in entgegengesetzter Richtung erfolgenden Entladungen entstehen; und dass

3). die Hauchfiguren je nach dem Stoff der Platten, auf welchen sie gebildet werden, verschiedene Formen haben, während die Hauchbilder unabhängig von dem Stoff der Platten sind.

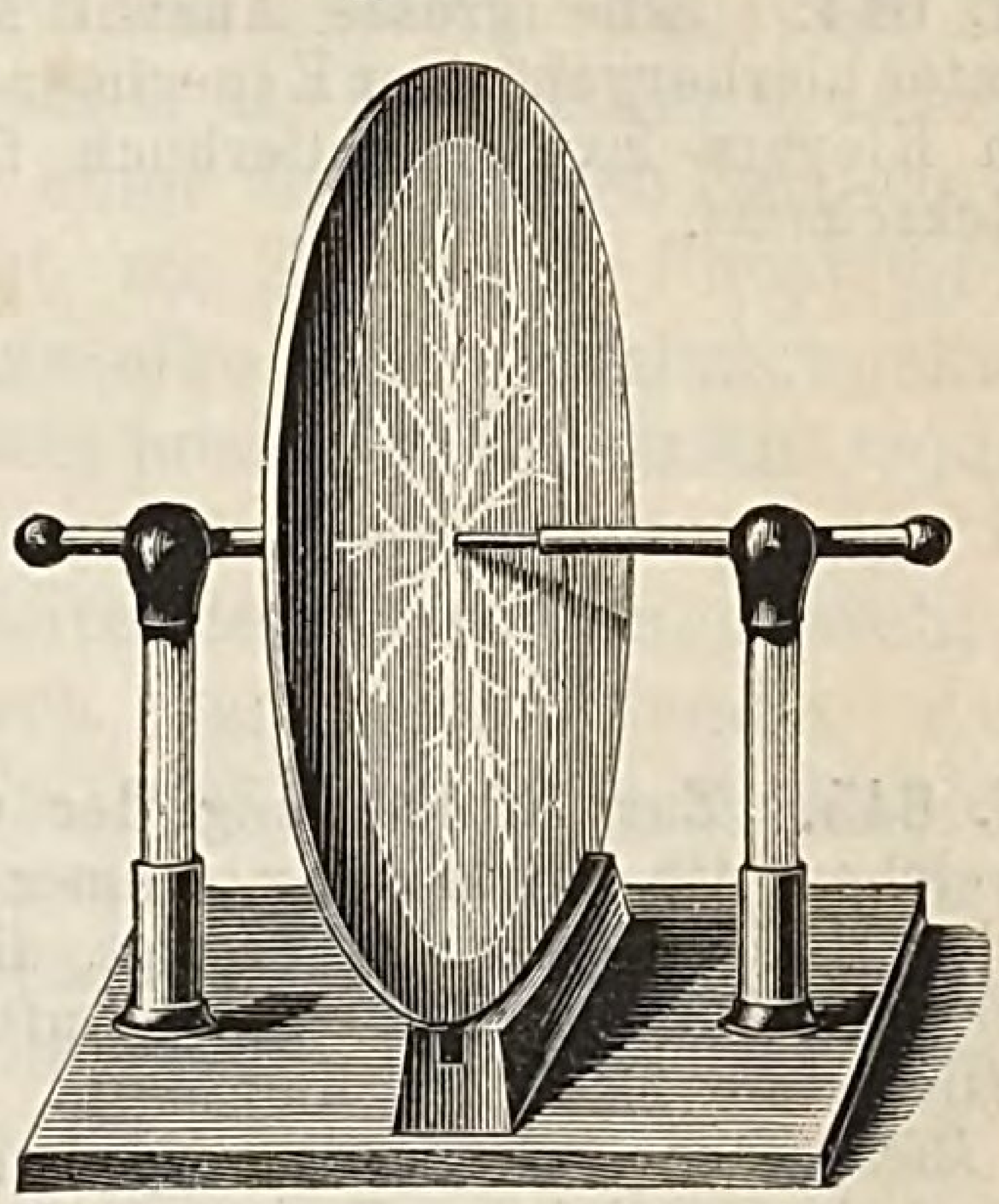
Erkl. 639. *Priestley* machte die umstehend unter 11). erwähnte Erscheinung im Jahr 1766.

Erkl. 640. Die Entstehung der Priestleyschen Ringe erklärt man sich dadurch, dass die elektrische Entladung eine Oxydation der Metallfläche herbeiführt.

Erkl. 641. Ausführliches über die sogen. elektrolytischen Bilder findet man in späteren Kapiteln über die Elektricität.

Erkl. 642. Durch die Figur 208 ist noch ein Apparat dargestellt, der ebenfalls zur Herstellung elektrischer Figuren dient, unter dem Namen Rosettis Apparat bekannt ist und in dieser Ausstattung von dem Mechanikus *Wesselhöft* in Halle angefertigt wird. Dieser Apparat besteht, wie die Figur zeigt, aus zwei isolierenden Glassäulen, welche horizontal stehende und einerseits in Kugeln endigende Messingstäbe tragen. Der Stab links ragt bis zur Mitte der in der Figur sichtbaren Glasscheibe, der Stab rechts ist kürzer, mit einer Höhlung versehen, in welcher eine Spiralfeder angebracht ist, die einen in der Figur sichtbaren Stift gegen die Glasscheibe drückt. Die Spiralfeder hat nur den Zweck, jenen Stift zurückdrücken und die Glasscheibe aus dem Apparat nehmen zu können, damit derselbe auch zu andern Zwecken benutzt werden kann.

Figur 208.



Auf der einen Seite ist die Glasscheibe zum Teil kreisförmig mit Stanniol belegt, während die andre Seite freibleibt. Werden nun die horizontalen Messingstäbe mit den Elektroden einer Influenzmaschine leitend verbunden und wird die Maschine in Thätigkeit gesetzt, so zeigen sich auf der nichtbelegten Seite der Glasscheibe sehr hübsche Figuren, die an Grösse zunehmen, je weiter auseinander die Elektroden der Influenzmaschine gezogen werden. Die Figuren unterscheiden sich wesentlich, je nachdem die + oder die — Elektrode der Influenzmaschine mit der belegten Seite der Glasscheibe in leitender Verbindung steht.

Rosetti nimmt an, dass die Erscheinungen von einer gewissen partiellen Kondensation der Elektricität auf beiden Glasflächen abhängen, wovon die eine mit metallischer Belegung versehen ist, während die andre auch bei besserer Witterung hygroskopisch ist und eine Schicht von Wasserdampf enthält, durch welche die partielle Kondensation der Elektricität gestattet wird (siehe die Erkl. 624, 635 und 637).

Erkl. 643. Ausführliche Untersuchungen über die elektrischen Zeichnungen wurden besonders durch *A. v. Waltenhofen*, *E. Reitlinger*, *W. v. Bezold*, *Moritz Kuhn*, *Riess* und *Carl* angestellt. In den Wiener Akad. Berichten Bd. 41, 46, 51 und 53, in den Münch. Akad. Berichten 1869 und 1870, in dem Referat von Moritz Kuhn, Wien 1873, in Riess' Reibungselektricität und in Carls Rept. 1873 findet man ausführliches hierüber.

d). Ueber die thermischen oder Wärmewirkungen elektrischer Entladungen.

Frage 218. Was versteht man unter den thermischen oder Wärmewirkungen elektrischer Entladungen und durch welche Experimente kann man dieselben zeigen?

Antwort. Unter den thermischen oder Wärmewirkungen elektrischer Entladungen versteht man im allgemeinen die Wirkungen, durch welche eine Temperaturerhöhung solcher Körper hervorgerufen wird, durch die eine elektrische Entladung geht, durch welche also Körper erwärmt, erhitzt, zum Glühen und Schmelzen gebracht, verdampft und, auf ihre Entzündungstemperatur gebracht, entzündet werden können. Derartige Erscheinungen kann man unter andern mittels folgender Experimente zeigen (siehe Erkl. 644).

1). Verbindet man die Kugeln *g* und *h* des durch die Figur 98 dargestellten allgemeinen Ausladers durch einen feinen Eisendraht und lässt einen schwachen Entladungsschlag durch den Draht gehen, so findet eine Erwärmung des Drahtes statt; bei einem stärkeren Entladungsschlag wird der Draht rot und weissglühend, und bei einem noch stärkeren Entladungsschlag wird der Draht geschmolzen und in feinen Kügelchen weithin fortgeschleudert (siehe Antwort der Frage 216 und die Erkl. 645).

2). Legt man auf den Tisch des durch die Figur 98 dargestellten allgemeinen Ausladers einen mit feinem Harzpulver, gepulpertem Kolophonium oder Bärlappsamen (semen licopodii) bestreuten Baumwollenbausch, nähert die Kugeln des Ausladers so weit, dass sie die Baumwolle fast berühren und lässt alsdann einen Funken überspringen, so wird hierdurch das Harzpulper und die Baumwolle entzündet. Würde man das Pulver lose auf den Tisch streuen, so würde es in den meisten Fällen durch den Entladungsschlag zerstreut werden (siehe Erkl. 646).

3). Lässt man durch den Butzen eines Lichtes, das kurz vorher angebrannt und wieder ausgeblasen wurde, einen Entladungsschlag von einer Elektrisier-

Erkl. 644. Eine grosse Anzahl sehr interessanter hierhergehöriger Experimente findet man in Kleyers Experimentierbuch für Reibungselektricität.

Erkl. 645. Zur Ermittelung der Gesetze, nach welchen die Erwärmung dünner Drähte durch den Entladungsschlag erfolgt, dient das von *Harris* und *Riess* konstruierte Luftthermometer (siehe die Erkl. 588 und 590).

Wie *Riess* nachgewiesen hat, werden im allgemeinen bei sonst gleichen Umständen schlechte Leiter stärker erwärmt als gute Leiter, ebenso findet unter den guten Leitern eine Verschiedenheit der Erwärmungen statt; so wird z. B. Platin und Eisen weit stärker erwärmt als Gold oder Kupfer, welches bessere Leiter als jene sind.

Erkl. 646. In ähnlicher Weise, wie mittels der nebenstehenden Experimente 1). und 2). gezeigt wurde, kann man Zunder, Phosphor etc. entzünden [siehe Experiment 5).]

maschine gehen, so entzündet sich der noch aufsteigende, aus Kohlenwasserstoffgas bestehende Rauch und hierdurch wird das Licht wieder angezündet.

4). Streut man auf eine Wasserfläche fein geriebenes Harzpulver, z. B. Kolophonium, stellt das das Wasser enthaltende und nicht leitende Gefäss zwischen die Arme eines allgemeinen Ausladers und lässt über die Wasserfläche einen tüchtigen Entladungsschlag einer Batterie gehen, so findet, wenn der Entladungsfunke durch das Kolophonium geht, eine Entzündung desselben statt.

5). Steckt man auf die Spitze eines Drahts der mit einer negativen Elektricitätsquelle, z. B. mit der äusseren Belegung einer elektrischen Batterie verbunden ist, ein Stückchen Phosphor und nähert dasselbe einer Entladungskugel, die mit einer positiven Elektricitätsquelle, z. B. mit der inneren Belegung jener Batterie in leitender Verbindung steht, so wird durch den stattfindenden Entladungsschlag der Phosphor entzündet.

Der Phosphor muss hierbei stets das Ende des zur negativen Elektricitätsquelle führenden Leitungsdrahts sein, wenn das Experiment gelingen soll.

Unter die Entladungskugel setzt man bei diesem Experiment zur Auffangung des brennenden Phosphorstückchens eine Schale mit Wasser,

6). Giesst man in einen flachen Metalllöffel etwas Schwefeläther, erwärmt den Aether etwas und hält diesen Löffel unter eine kleine Kugel, welche mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitender Verbindung steht, und zwar so, dass der Löffel in leitender Verbindung mit der Erde ist, so wird durch die Entladungsschläge, welche bei der Drehung der Elektrisiermaschine in den Löffel überspringen, der Aether entzündet (siehe Erkl. 647—650).

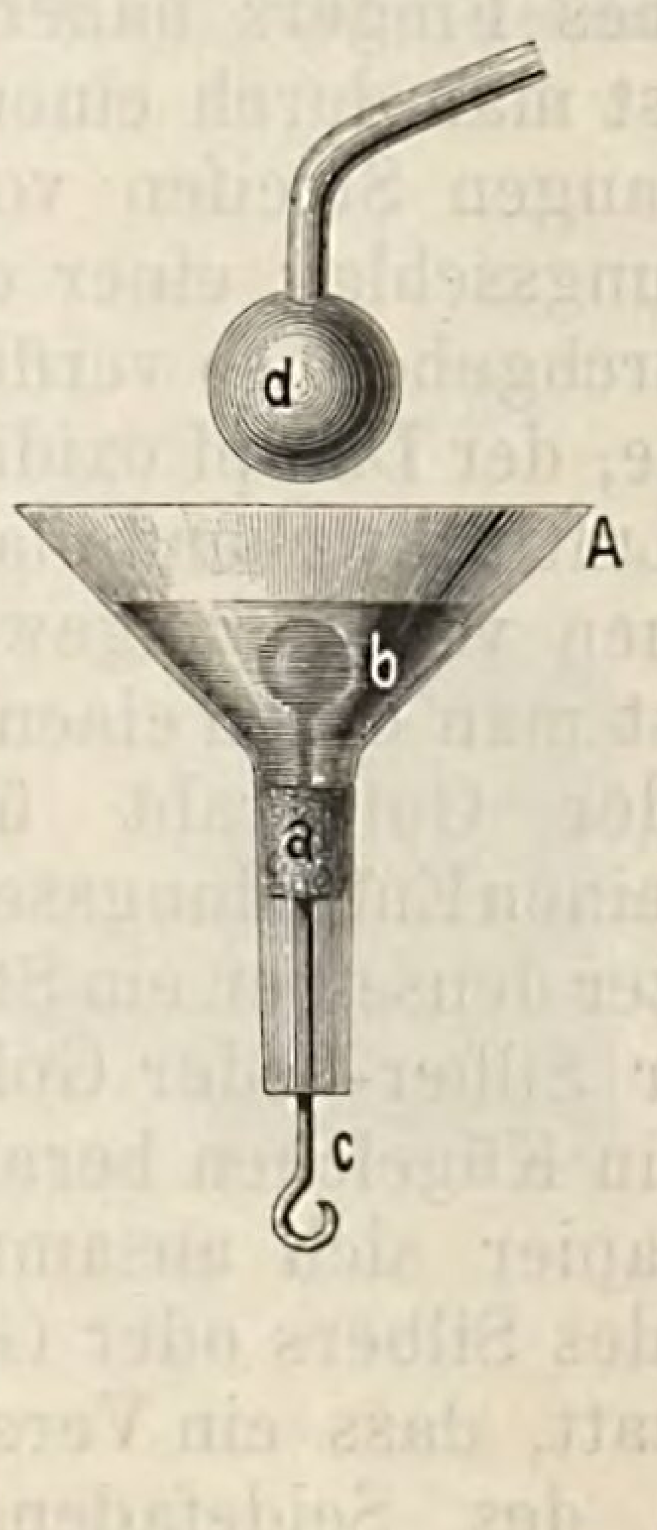
7). Giesst man in den Glastrichter *A*, siehe Figur 209, welcher mittels des den Zuleitungsdraht *bc* enthaltenden Korks *a* unten verschlossen ist und auf ein passendes Stativ aufgesetzt werden kann, Wasser, bis fast die Metallkugel *b* bedeckt ist, giesst dann auf dieses

Erkl. 647. Bei den nebenstehend unter 6). und 7). erwähnten Experimenten kann man statt reinem Aether oder Weingeist einen mit Aether oder Weingeist getränkten und leicht aufgebauschten Baumwollenbüschel benutzen. Die Entzündung wird in diesem Fall auch bei schwächeren Entladungsschlägen erfolgen, als dies der Fall ist, wenn man die reine Flüssigkeit entzündet.

Bei Entzündung von Alkohol, Terpentinöl und andern ätherischen Oelen erwärmt man am besten vorher die Flüssigkeit, damit die Dampfentwicklung vermehrt wird.

Erkl. 648. Für die Entzündung von konzentriertem Alkohol und von entzündlichen Gasen, wie Knallgas, Chloroxydgas etc., genügt der Entladungsschlag des Konduktors einer Elektrisiermaschine.

Figur 209.



Wasser Aether oder erwärmten Weingeist und nähert schliesslich diesen Trichter so der mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitender Verbindung stehenden Kugel *d*, dass, wenn die Maschine in Thätigkeit gesetzt und das Ende *c* des in dem Kork stehenden Metallstäbchens mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt ist, kräftige Entladungsschläge zwischen den Kugeln *d* und *b* stattfinden können, so wird der auf dem Wasser schwimmende Aether oder Weingeist entzündet.

8). Lässt man eine Person auf einen Stuhl sitzen, der gut isoliert ist, und gibt derselben eine flache Schale in die eine Hand, in welcher sich etwas guter, konzentrierter Alkohol befindet, während man die andre Hand dieser Person auf den Konduktor einer Elektrisiermaschine legt, oder dieselbe auf andre Weise mit demselben leitend verbindet, und es nähert dann eine zweite Person den Knöchel eines Fingers der Alkoholfläche, so dass ein Funke aus der Schale auf den Knöchel überspringen muss, so wird sich der Alkohol entzünden.

9). Das vorstehend erwähnte Experiment kann man auch umgekehrt machen, wenn man der nicht isolierten Person die Schale in die Hand gibt und dann die isolierte Person der Alkoholfläche den Knöchel eines Fingers nähern lässt.

10). Lässt man durch einen schmalen, 5—10 cm langen Streifen von Zinnfolie den Entladungsschlag einer elektrischen Batterie durchgehen, so verflüchtigt sich das Zinnfolie, der Dampf oxidiert und bildet in der Luft schwebende lange Fäden, ähnlich denen von Spinngeweben.

11). Lässt man durch einen mit feinem Silber- oder Golddraht überzogenen Seidefaden einen Entladungsschlag gehen, und hält unter denselben ein Stück Papier, so wird der Silber- oder Golddraht geschmolzen in Kügelchen herabrollen und auf dem Papier sich ansammeln. Das Schmelzen des Silbers oder Goldes findet so rasch statt, dass ein Versengen oder Verbrennen des Seidefadens, welcher ein schlechter Leiter der Elektricität ist, nicht stattfinden kann.

Erkl. 649. Die erste Entzündung von Flüssigkeit mittels des elektrischen Entladungsschlags, nämlich die des Aethers, wurde zuerst von *Ludolf* im Jahr 1744 in der Berliner Akademie ausgeführt.

Erkl. 650. Die Entzündung brennbarer Flüssigkeiten etc. findet mittels des Entladungsschlags einer elektrischen Batterie viel sicherer statt, als mittels dem des Konduktors einer Elektrisiermaschine.

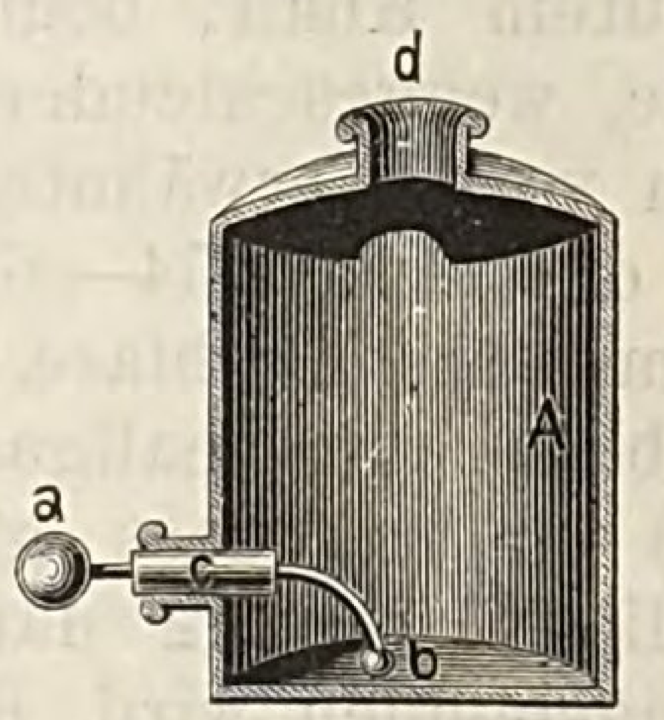
Erkl. 651. Knallgas ist ein Gemenge von 1 Teil Sauerstoff und 2 Teilen Wasserstoff.

Erkl. 652. Um durch Mischung von atmosphärischer Luft mit Wasserstoff Knallgas zu erhalten, lässt man bei dem nebenstehend unter 14). erwähnten Experiment soviel Wasserstoffgas zu der in dem Gefäss befindlichen atmosphärischen Luft strömen, dass auf 5 Teile atmosphärischer Luft 2 Teile Wasserstoff kommen, indem die atmosphärische Luft aus 1 Teil Sauerstoff und 4 Teilen Stickstoff zusammengesetzt ist und jener 1 Teil Sauerstoff mit den 2 Teilen zugeströmtem Wasserstoff sich zu Knallgas vereinigt (siehe Erkl. 651).

Erkl. 653. Zum Laden der elektrischen Pistole, siehe Figur 211, mittels Wasserstoffgas kann man sich einer Flasche bedienen, durch deren Kork eine Glasröhre geht. Bringt man in die Flasche zuerst einige Zinkstückchen, giesst hierauf etwas Wasser und setzt dann, aber zuletzt, etwas Schwefelsäure hinzu, so entwickelt sich aus diesem Gemisch Wasserstoffgas. Hat man das Gefäss mittels des Korks verschlossen und man hält die elektrische Pistole mit ihrer Oeffnung über die Glasröhre, so dass das Wasserstoffgas in die Oeffnung derselben eintreten muss, so wird sich hierdurch die Pistole mit Wasserstoffgas füllen. Ist dies geschehen, so muss man sofort die Oeffnung der Pistole verschliessen.

Erkl. 654. In ähnlicher Weise wie die elektrische Pistole kann man sich elektrische Kanonen etc. konstruieren (siehe Kleyers Experimentierbuch für Reibungselektricität).

Figur 210.



12). Legt man in die Mitte zwischen zwei gleichgrossen Glasscheiben ein schmales Streifchen Blattgold und als Fortsetzungen dieses Blattgoldstreifchens auf beide Seiten etwas breitere Stanniolstreifen, klebt beide Scheiben an den Ecken mit etwas Klebwachs zusammen, legt diese Scheibe auf den Tisch des durch Figur 98 dargestellten allgemeinen Ausladers, beschwert denselben noch etwas und lässt dann durch die Stanniolstreifen einen kräftigen Entladungsschlag gehen, so sieht man an Stelle des Blattgoldes einen hellen Funken aufleuchten und bei der Auseinandernahme der Platten findet man, dass das Gold in beide Platten eingebrannt ist und durch kein Wischen etc. mehr entfernt werden kann. Das Gold wurde infolge des Entladungsschlags geschmolzen und hatte mit der Oberfläche des Glases eine chemische Vereinigung eingegangen.

13). Benutzt man bei dem vorstehend erwähnten Experiment statt Glastafeln z. B. Kartonpapier, so sieht man, nachdem der Entladungsschlag erfolgt ist, an beiden Kartonblättern einen roten Streifen von der Grösse des Goldblättchens, der mit einem grösseren verwaschenen blassroten Rand versehen ist. Das Gold war zu Goldpurpur oxidiert.

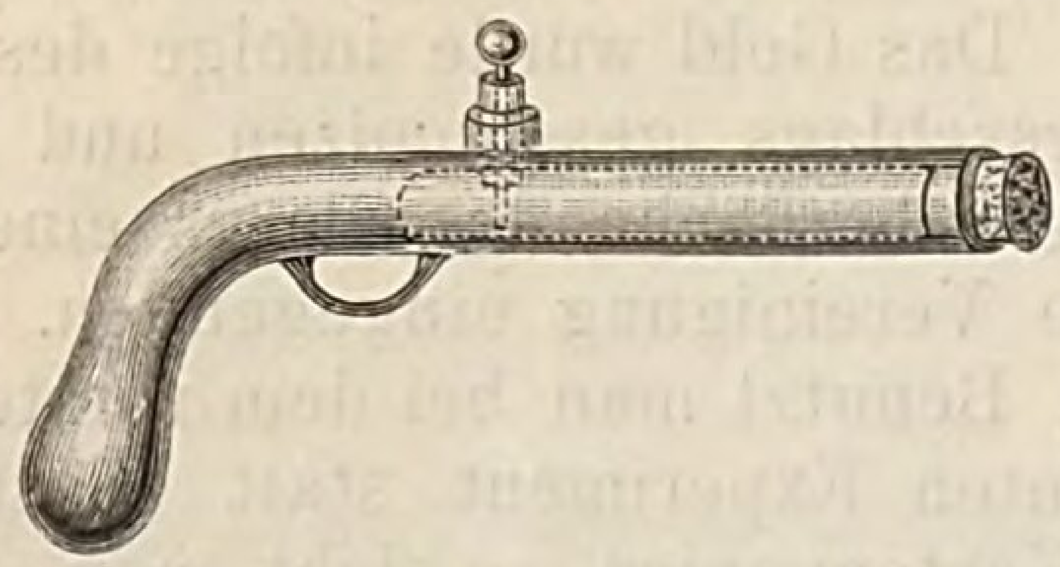
14). Zur Entzündung von Knallgas kann man sich nach Dr. Müller folgenden Apparats bedienen: In der Seitenwand des mittels eines Korks verschliessbaren Blechgefässes *A*, siehe Figur 210, ist eine cylindrische Oeffnung angebracht, in welche ein mittels der Glasröhre *c* isolierter Zuleitungsdraht *ab* luftdicht eingekittet ist. Am inneren Ende dieses Zuleitungsdrahts ist die kleinere Metallkugel *b* angebracht, welche von dem Boden oder der gegenüberstehenden Seitenwand des Gefässes 1—2 mm absteht, am äusseren Ende des Zuleitungsdrahts ist die etwas grössere Metallkugel *a* befestigt. Soll mittels dieses Apparats Knallgas entzündet werden, so lässt man durch die mittels eines Korks verschliessbare Oeffnung *d* Wasserstoffgas oder Leuchtgas zu der in dem Gefäss befindlichen atmosphärischen Luft hinzuströmen,

Erkl. 655. Zur Entladung der elektrischen Pistole genügt es schon, wenn man von einem geladenen Elektrophordeckel einen Funken überspringen lässt.

Erkl. 656. Die Entzündung des Wasserstoffgases durch den elektrischen Funken wird auch zur Herstellung elektrischer Zündmaschinen u. a. m. benutzt (siehe Kleyers Experimentierbuch für Reibungselektricität).

Erkl. 657. Die Wirkungen elektrischer Entladungen auf entzündliche Gase werden unter anderm mittels des später beschriebenen Eudiometers untersucht.

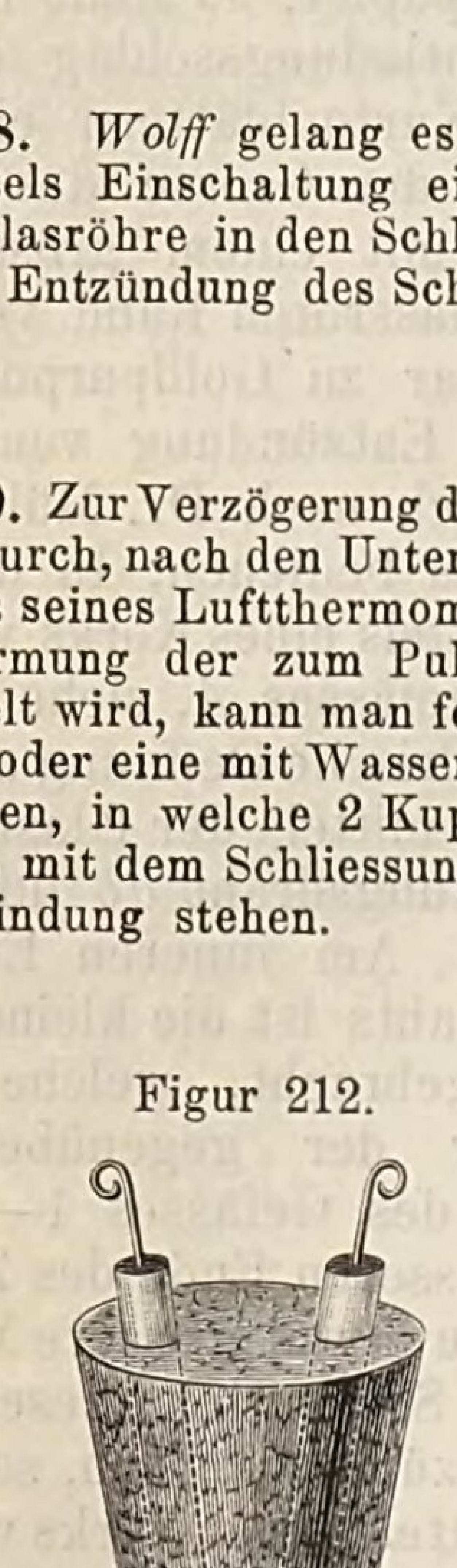
Figur 211.



Erkl. 658. *Wolff* gelang es im Jahr 1787 zuerst, mittels Einschaltung einer innen befeuchteten Glasröhre in den Schliessungsbogen, eine sichere Entzündung des Schiesspulvers zu erzielen.

Erkl. 659. Zur Verzögerung des Entladungsschlags, wodurch, nach den Untersuchungen von *Riess* mittels seines Luftthermometers, eine erhöhte Erwärmung der zum Pulver führenden Drähte erzielt wird, kann man feuchte Schnüre einschalten, oder eine mit Wasser gefüllte Glasröhre benutzen, in welche 2 Kupferdrähte eintauchen, die mit dem Schliessungsbogen in leitender Verbindung stehen.

Figur 212.



verschliesst das Gefäss wieder, fasst es mit der einen Hand an, damit es leitend mit der Erde verbunden ist und lässt auf die Kugel *a* einen Entladungsschlag übergehen; derselbe wird in demselben Augenblick auch auf die innere Kugel *b*, auf die innere Wandung des mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Blechgefässes übergehen und hierbei das Knallgas entzünden. Die Folge hiervon wird sein, dass der Stöpsel mit lautem Knall und eine denselben begleitende Flamme fortgeschleudert wird (siehe die Erkl. 651 und 652).

15). Die Entzündung von Knallgas durch den elektrischen Funken kann man mittels der elektrischen Pistole hübsch zeigen:

Die elektrische Pistole, siehe Figur 211, besteht aus einem hohlen Metallcylinder, an dessen einem Ende sich eine Oeffnung befindet, und an dessen anderem geschlossenen Ende in der Wandung ein Draht isoliert und luftdicht eingesetzt ist und zwar so, dass er fast noch bis an die gegenüberliegende Wandung reicht. Das äussere Ende des Drahts ist mit einem Metallknöpfchen versehen. Die Pistole wird dadurch geladen, dass man die Mündung derselben einige Zeit über einen Apparat hält, in welchem Wasserstoffgas entwickelt wird (siehe Erkl. 653). Wird hierauf die Mündung mittels eines Pfropfens geschlossen und man lässt einen Funken auf den Knopf des Drahts überspringen, so entzündet sich das in der Pistole befindliche Knallgas und der Pfropfen wird mit lautem Knall, begleitet von einer Flamme, weggeschleudert, ähnlich wie bei dem vorhin erwähnten Experiment (siehe die Erkl. 654—657).

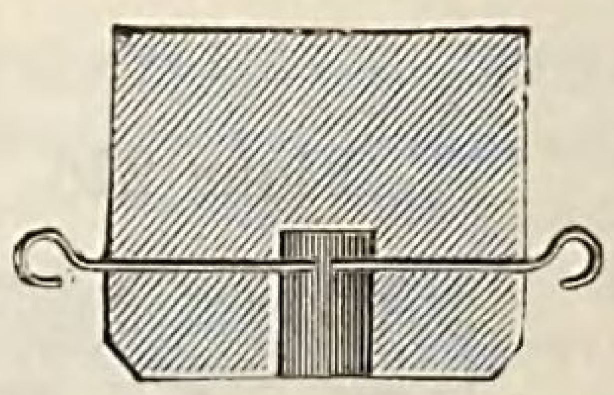
16). Füllt man eine Tierblase, Schweins- oder Ochsenblase, mit Knallgas und bindet dieselbe so zu, dass gleichzeitig ein durch die Figur 212 dargestellter Kork mit eingebunden wird, durch welchen zwei Glasröhren gehen in die luftdicht zwei Metalldrähte angebracht sind, die einerseits in Oesen endigen, andrerseits mit gegenüberstehenden abgerundeten Enden versehen sind, und man befestigt diese Blase im Freien an einem

Erkl. 660. Die Entzündung von Schiesspulver gelingt auch, wenn man statt den Entladungsschlag durch Einschalten eines schlechten Leiters zu verzögern, das Pulver mit Stahlstaub vermengt.

Erkl. 661. Will man Pulver mittels schwächeren Entladungsschlägen entzünden, so kann man dies, indem man die spitzigen Enden *b* und *d* der Zuleitungsdrähte, siehe Figur 213, mit Knallquecksilber oder mit einem Gemenge von chlorsaurem Kali und Schwefelantimon bedeckt.

Erkl. 662. Die Benutzung des Entladungsschlags einer Elektrisiermaschine zu Pulversprengungen, welche einen praktischen Wert haben, wurde früher dadurch verhindert, dass bei feuchtem Wetter die Elektrisiermaschine versagte, derartige Sprengungen aber doch meistens nur im Freien und bei jeder Witterung stattfinden müssen.

Figur 213.



Erkl. 663. Das Knallquecksilber ist ein knallsaures Salz, das sich aus einer Auflösung von Quecksilber (und Silber) in Salpetersäure krystallinisch ausscheidet, sobald demselben Alkohol zugesetzt wird. Es hat die Eigenschaft, dass es selbst im feuchten Zustand schon bei einer Berührung mit einem harten Körper heftig explodiert.

Erkl. 664. Das chlorsaure Kali befördert, wie alle chlorsauren Salze oder Chlorate, die Verbrennung, indem bei einer Zersetzung desselben eine grosse Menge Sauerstoff frei wird.

Erkl. 665. Die Sprengung der Kehler Brücke in dem deutsch-französischen Krieg 1870—71 fand mittels einer Bornhardtschen Zündelektrisiermaschine statt.

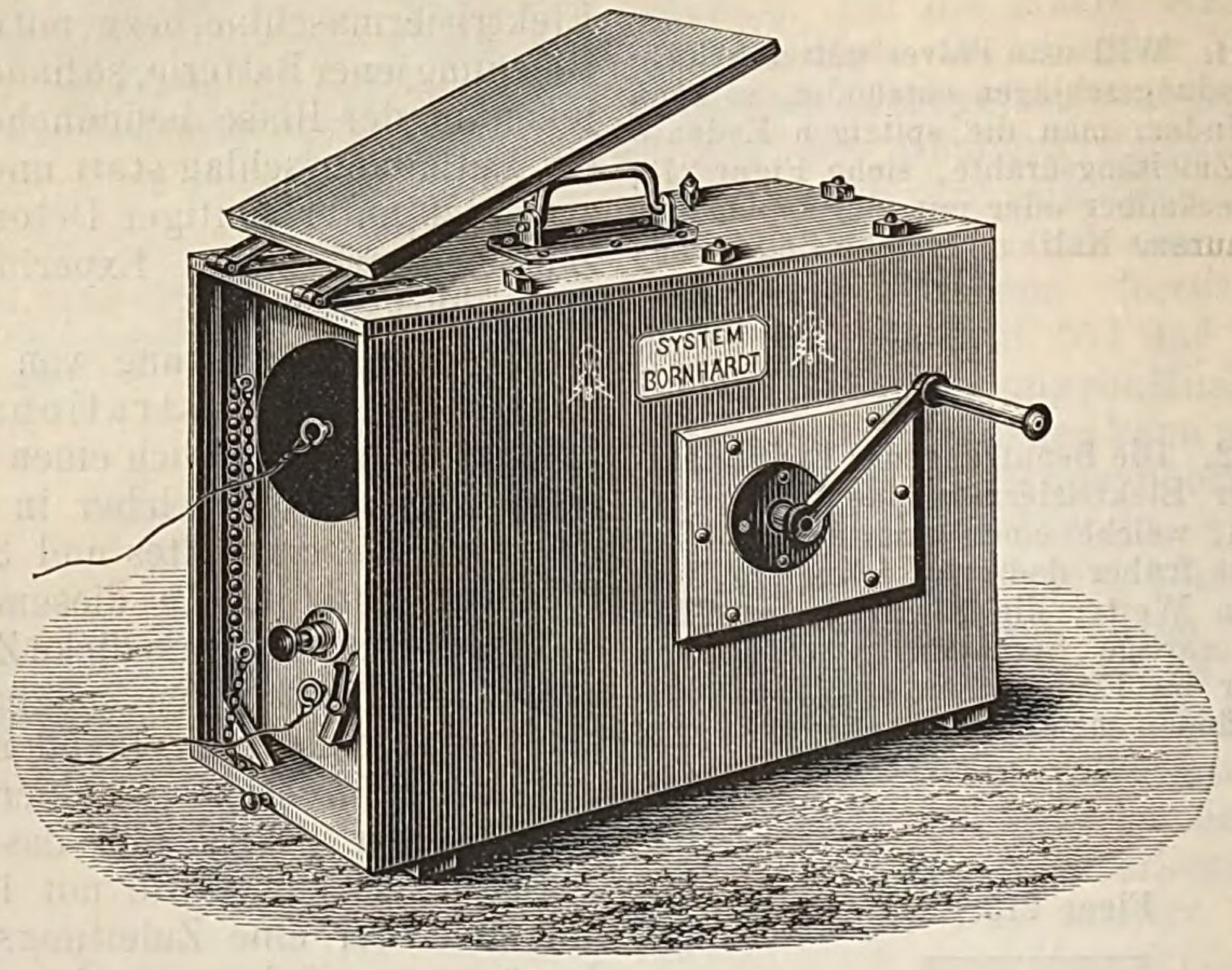
Baum, verbindet den einen Draht mittels einer Metallkette leitend mit der Erde oder mit der äusseren Belegung einer Batterie und bringt dann den andern Draht mittels eines Ausladers in leitende Verbindung mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, bezw. mit der inneren Belegung jener Batterie, so findet zwischen jenen in der Blase befindlichen Spitzen ein Entladungsschlag statt und die Blase zerplatzt unter heftiger Detonation. Im Zimmer darf dieses Experiment nicht ausgeführt werden.

17). Zur Entzündung von Schiesspulver zu Demonstrationszwecken benutzt man gewöhnlich einen Holzklotz, siehe Figur 213, welcher in der Mitte ein circa $1\frac{1}{2}$ cm weites und 3 cm tiefes Bohrloch enthält. In diesem Bohrloch endigen zwei circa 2 mm dicke Zuleitungsdrähte, die mit ihren spitzigen Enden um einige mm von einander abstehen und deren Achsen in einer geraden Linie liegen. Wird nun das Bohrloch ungefähr bis zur Hälfte mit Pulver gefüllt und der eine Zuleitungsdraht mit der äusseren Belegung, der andre Zuleitungsdraht mit der inneren Belegung einer starken elektrischen Batterie in leitende Verbindung gebracht, so erfolgt der Entladungsschlag zwischen den spitzigen Enden. Das Pulver wird hierdurch gewöhnlich aber nicht entzündet, sondern nur herausgeschleudert, weil der Entladungsschlag so rasch stattfindet, dass sich das Pulver nicht entzünden kann. Um den Entladungsschlag in der Weise zu verzögern, dass das Pulver sich entzünden kann, muss man desshalb in den Zuleitungsdrähten, welche nach den Belegungen der Batterie führen, eine nasse Schnur oder eine mit Wasser gefüllte Glasröhre einschalten (siehe die Erkl. 658—664).

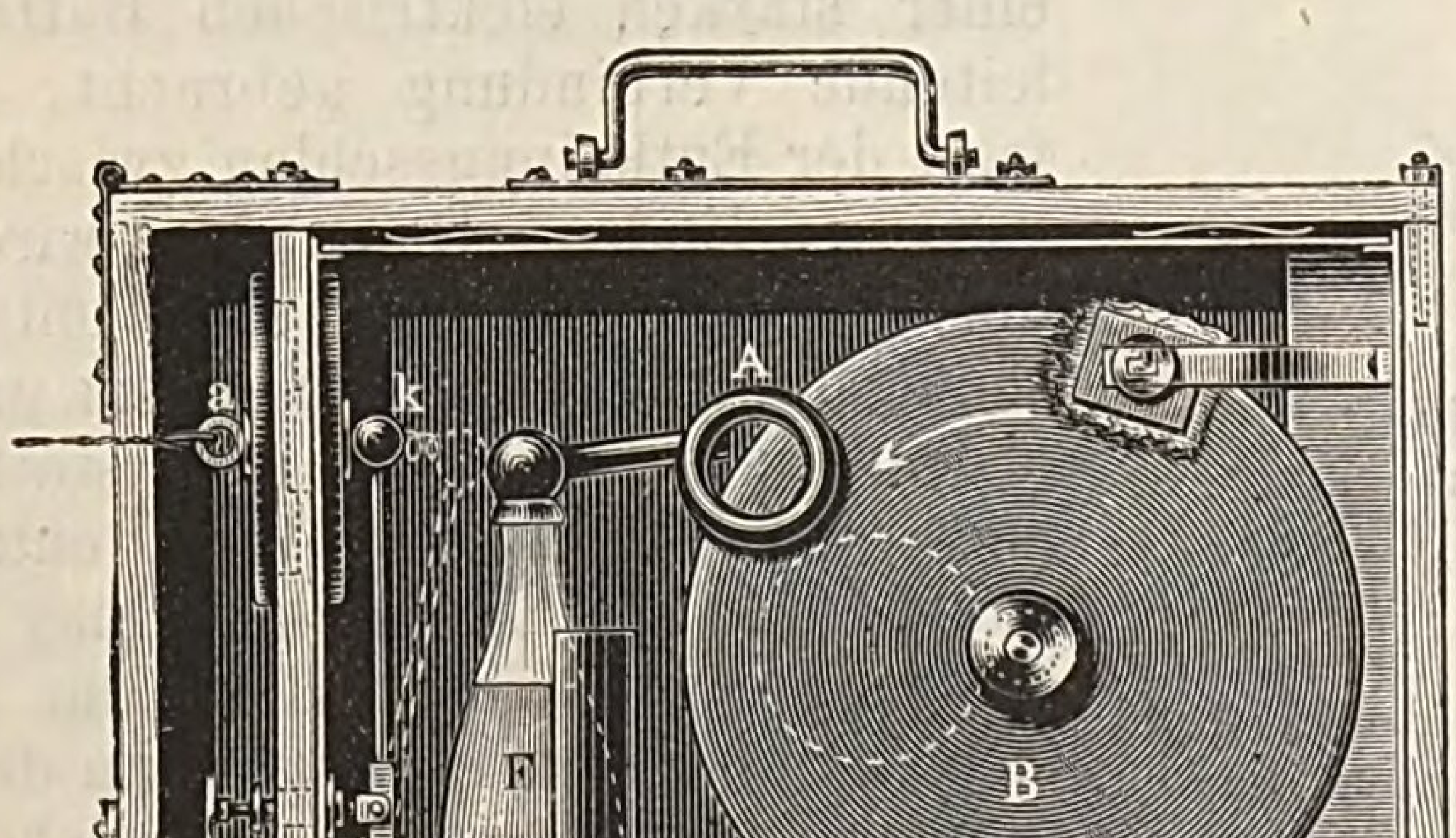
18). Zur Entzündung von Schiesspulver, Dynamit etc., durch welche die Sprengung von Felsen etc. bewirkt werden soll, kann man mit grossem Vorteil die Zündelektrisiermaschine von Hofmechanikus *A. Bornhardt* in Braunschweig benutzen, indem dieselbe sich bei jeder Witterung wirksam gezeigt.

Dieser Zündapparat von *Bornhardt* ist durch die Figuren 214, 215 und 216 in $^1/_6$ seiner natürlichen Grösse dargestellt, und zwar stellt die Figur 214 den Appa-

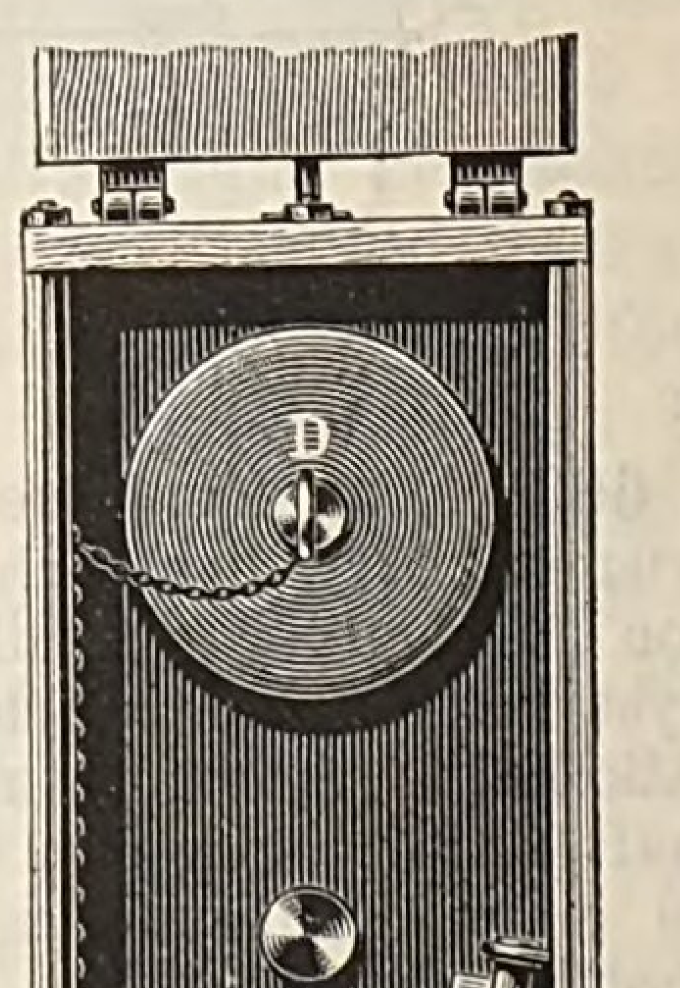
Figur 214.



Figur 215.



Figur 216.



rat in seiner äusseren Ansicht dar, die Figur 215 stellt den Apparat im Längs- und die Figur 216 stellt denselben in Querdurchschnitt dar. Die Einrichtung des Bornhardtschen Apparats besteht im allgemeinen in folgendem:

Erkl. 666. Die Vorteile, welche die Entzündung von Sprengstoffen zu technischen und militärischen Zwecken mittels des elektrischen Entladungsschlags gegenüber der seither und leider jetzt noch hier und da üblichen Entzündung mittels Zündröhren, Zündschnur, Schwefelfäden oder Stopinen bietet, sind aus folgendem leicht zu erkennen.

1). Da Luft, Ventilation und die in Gruben und Bohrlöchern mehr oder weniger auftretende Feuchtigkeit einen bedeutenden Einfluss auf die Verbrennung ausüben, so ist die Verbrennungsdauer eines jeden jener älteren Zündmittel bei ganz gleicher Länge und Stärke in verschiedenen Bohrlöchern meist eine sehr verschiedene, wodurch schon vielfach Unglücksfälle verursacht worden sind und noch verursacht werden, indem bei gleichzeitiger Sprengung mehrerer Bohrlöcher oft angenommen wird, sie seien alle gesprengt, später aber noch eine nachträgliche Sprengung eines oder des andern Bohrlochs stattfindet.

Dies kann bei der Entzündung von Bohrlöchern durch den elektrischen Entladungsschlag nicht stattfinden, da die Entzündung einmal aus jeder beliebigen Entfernung vorgenommen werden kann und ausserdem eine nachträgliche Entzündung als in dem Moment des elektrischen Entladungsschlags nicht stattfinden kann.

2). Bei Sprengungen in Gruben, oder bei Sprengungen unter Tag, wie man sich in der bergmännischen Sprache auszudrücken pflegt, ist der bei Verbrennung jener älteren Zündmittel auftretende Rauch und Qualm sehr lästig; fallen aber diese Zündmittel, wie bei Benutzung des elektrischen Entladungsschlags weg, so wird auch der Rauch und Qualm vermieden.

3): Die Entzündung jener älteren Zündmittel und die hierbei zu berücksichtigenden Vorsichtsmassregeln [siehe unter 1).] erfordern ziemlich viel Zeit, während die Entzündung mittels des elektrischen Entladungsschlags nur die kurze Zeit der Entladung der Maschine beansprucht.

4). Grosse Felsmassen etc. lassen sich nur dann mit Vorteil lossprengen, wenn die Sprengung vermittels mehrerer Bohrlöcher gleichzeitig vorgenommen wird, was aber bei Anwendung der älteren Zündmittel, wie unter 1). angegeben ist, nicht in der Weise stattfinden kann, wie es bei Anwendung des elektrischen Entladungsschlags der Fall ist.

Die Vorteile der Benützung des elektrischen Entladungsschlags zu Sprengzwecken besteht somit im allgemeinen in der absoluten Gefahrlosigkeit und in einer Reihe sonstiger technischer Vorteile, welche der Praktiker bald zu würdigen versteht, der mittels des elektrischen Entladungsschlags seine Sprengungen vornimmt.

In einem Blechkasten, siehe Figur 215, der oben durch eine mittels Schrauben festgehaltene Holzplatte, welche auf eine zweite Hartgummiplatte drückt, luftdicht geschlossen ist, seitlich, wie die Figur 216 zeigt, geöffnet werden kann, zum Transport mit einer Handhabe versehen und mittels amerikanischem Ledertuch überzogen ist, befindet sich der eigentliche Apparat, die Zündelektrisiermaschine. Die eiserne Achse dieser Elektrisiermaschine mit welcher, wie die Figur 215 im Durchschnitt zeigt, die Kautschukscheibe *B* fest verbunden ist, kann mittels eines Getriebes und einer ausserhalb jenes Kastens an dieser Achse aufgeschraubten Kurbel, siehe Figur 214, in Rotation versetzt werden und zwar links oder rechts herum. Das Reibzeug dieser Maschine besteht aus einem kleinen Stück Pelzwerk, das durch eine schwache Doppelfeder an die Scheibe *B* angedrückt wird. Der Saugring *A*, ähnlich wie bei der Winterschen Maschine, steht in leitender Verbindung mit der Leydener Flasche (Kondensatorflasche) *F*. Diese Flasche *F* steht in einem Futter, welches sich am Boden des Kastens befindet und ist mittels eines Hartgummimantels von der Scheibe *B* isolirt, damit kein Ueberströmen der Elektricität von der Scheibe *B* auf die äussere Belegung der Flasche *F* stattfindet. Zur Entladung der Flasche *F* dient der Entlader *k*, der durch Druck auf einen an der Seite befindlichen Knopf, siehe Figur 214, mit dem Knopf der Flasche *F* in Berührung kommt, wie durch die punktierte Lage in der Figur 215 angedeutet ist, aber durch eine Spiralfeder mit der Oese *a*, an welcher ein zum Zünder führender Leitungsdraht befestigt ist, in Verbindung bleibt. Die zweite Oese *b*, an welcher der andre, zum Zünder führende Leitungsdraht befestigt wird, steht mit der äussern Belegung der Flasche *F* und auch mit dem Reibzeug in leitender Verbindung. Währenddem die äussere Belegung der Flasche *F*, das Reibzeug und auch die Oese *b*, mit dem Blechkasten in leitender Verbindung stehen, ist die Oese *a*, wie aus

der Figur 214 ersichtlich, durch eine eingeschaltete Kautschukplatte von dem Blechkasten isoliert. Zur leichten Prüfung des Zustandes der Maschine ist, wie aus der Figur 214 ersichtlich ist, eine sogenannte Funkenskala von 15 von einander abstehenden Metallknöpfe angebracht, die durch Kettchen mit den Oesen *a* und *b* in Verbindung gebracht werden können. Werden nämlich der Scheibe *B* circa 12—16 Umdrehungen erteilt und wird durch einen Druck auf den Entladungsknopf die Flasche *F* entladen und der hierdurch erzeugte Entladungsschlag findet lebhaft zwischen den einzelnen Metallknöpfen statt, so ist die Maschine in gutem Zustand.

Will man eine solche Maschine zu Sprengzwecken benutzen, so wird, nachdem die Maschine auf ihren Zustand geprüft wurde, die Kurbel abgenommen und der Vorderraum geschlossen; dann werden die sämtlichen Bohrlöcher mit Zündern versehen, unter sich und mit den Leitungsdrähten gut leitend verbunden und hiernach die zur Maschine führenden Leitungsdrähte in die Oesen *a* und *b* der Maschine, nachdem kurz vorher der Deckel aufgeschlagen wurde, eingehängt; hierauf wird die Kurbel eingesetzt, dann werden je nach der Zahl der Bohrlöcher 15—30 Umdrehungen gemacht und schliesslich wird durch einen Druck auf den vorderen Entladungsknopf die Flasche *F* entladen. Nach der Sprengung werden die Leitungsdrähte wieder sofort ausgehängt, die Kurbel wird abgezogen und der Kasten geschlossen (siehe die Erkl. 666 und 667).

Erkl. 667. Ausführliches über die älteren und neueren Sprengungsmethoden, über die Anlage und Ladung der Bohrlöcher, Herstellung der Zünder und Patronen etc. etc. findet man in Kleyers Lehrbuch der Sprengtechnik.

e). Ueber die optischen oder Lichtwirkungen elektrischer Entladungen.

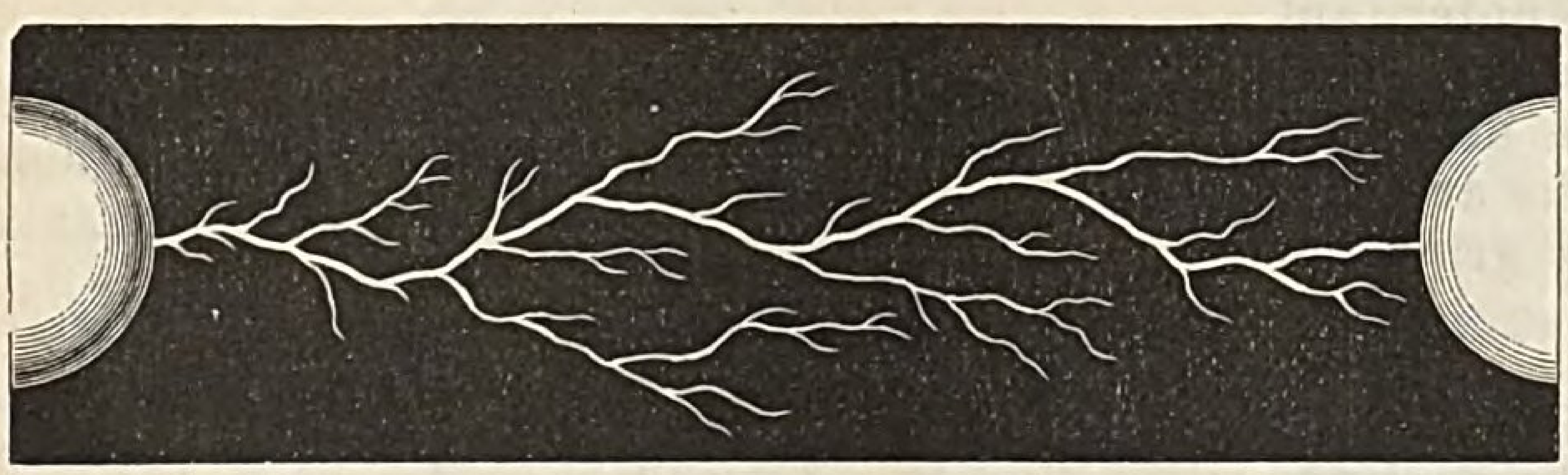
Frage 219. Was versteht man unter den optischen oder Lichtwirkungen elektrischer Entladungen und worin bestehen dieselben im allgemeinen?

Antwort. Unter den optischen oder Lichtwirkungen elektrischer Entladungen versteht man im allgemeinen die Wirkungen, durch welche in dem Auge der Eindruck des Sehens hervor-

gebracht wird. Diese Lichtwirkungen bestehen im allgemeinen darin, dass wenn eine elektrische Entladung durch die atmosphärische Luft, oder durch Gase, oder durch gewisse andre Flüssigkeiten geht, dieselbe von Lichterscheinungen, dem sog. elektrischen Licht begleitet ist, welches man, je nach der Art und Weise, wie es auftritt, elektrischer Funke, Büschellicht, Glimmlicht oder eine Vervielfältigung des elektrischen Funkens nennt.

Frage 220. Was kann man im allgemeinen von den Lichterscheinungen, bezw. von den elektrischen Funken aussagen, die man bei der Entladung einer elektrischen Batterie erhält?

Figur 217.



Erkl. 668. Wie durch mannigfache später vorgeführte Experimente gezeigt werden kann, ist die Farbe und die Intensität des elektrischen Funkens abhängig von der Natur der Metalle, zwischen welchen der Entladungsschlag stattfindet und von der Natur des Gases, durch welches der Entladungsschlag geht. Hieraus suchte man den Schluss zu ziehen, dass das elektrische Licht nur eine sekundäre Wirkung der Elektricität, nämlich eine Folge der Wärmewirkung des Entladungsschlags ist, indem von den Metallflächen, zwischen welchen der Entladungsschlag stattfindet, Metallteilchen losgerissen, fortgeschleudert, auf ihrem Weg glühend werden und durch dieses Erglühen die Lichterscheinungen hervorgerufen werden (siehe Erkl. 669).

Diese Aussage findet noch Bestätigung dadurch, dass bei weichen, also bei weniger festen Metallen, wie Zink, Zinn, Blei, die Funken eine grössere Lichtstärke zeigen als bei härteren Metallen, wie Kupfer, Messing, Eisen etc., welche dem Losreissen von Teilchen einen grösseren Widerstand entgegensetzen; dass ferner polierte Metalle ebenfalls einen weniger hellen

Antwort. Von den Lichterscheinungen, bezw. von den elektrischen Funken, die man bei der Entladung einer elektrischen Batterie erhält, kann man im allgemeinen folgendes aussagen:

1). Bei geringer Schlagweite ist der Weg, welchen der elektrische Funke zurücklegt, geradlinig; bei grösserer Schlagweite hingegen zickzackförmig. Bei noch grösserer Schlagweite und grösserer Elektricitätsmenge zeigt der zickzackförmige Funke noch verästelte Strahlen, ähnlich wie die Figur 217 zeigt.

2). Bei kleiner Schlagweite ist die Helligkeit des Funkens an allen Stellen dieselbe; bei grösserer Schlagweite zeigt der Funke nach der dem negativen Leiter zugewandten Seite eine schwächere Lichtstelle. Hierbei erscheint auch oft der Funke verschieden gefärbt, und zwar zeigt er auf der Seite, welche dem positiven Leiter zugekehrt ist, eine bläulichweisse, auf der andern Seite eine rötliche Färbung. Die bläulichweisse Färbung nimmt hierbei einen grösseren Teil des Funkens ein als die rötliche Färbung.

3). Je nach dem der Entladungsschlag einer Batterie in der atmosphärischen Luft oder in Räumen stattfindet, die mit andern Gasen gefüllt sind, zeigt der elektrische Funke verschiedene Färbung. Nach *Faraday* hat der elektrische Funke

Funken ergeben als matte Metalle, oder als z. B. amalgamierte Kugeln, welche die hellsten Funken ergeben.

Erkl. 669. Wie schon früher erwähnt, werden die Stellen einer Metallfläche, an welchen mehrere Entladungen übergegangen sind, allmählich rauh und zeigen Gruben, die daher rühren, dass durch die Entladungen Metallteilchen losgerissen werden. Dieses Losreissen von Metallteilchen durch den Entladungsschlag kann man wie folgt experimentell beweisen:

Verbindet man nach *Fusinieri* mit der inneren Belegung einer elektrischen Batterie eine silberne Kugel, stellt ihr gegenüber eine isolierte und polierte Kupferscheibe und bringt alsdann die Rückseite der Kupferscheibe mit der äusseren Belegung der Batterie in leitende Verbindung, so wird dieselbe entladen und man sieht auf der Vorderfläche der Kupferscheibe, da wo die Funken überspringen, graue Stellen von geschmolzenem Silber, oder umgekehrt auf der Silberkugel schwarze Stellen, welche von geschmolzenem Kupfer, bezw. von Kupferoxyd herrühren.

Auch mittels folgenden Experiments kann man das Losreissen von Metallteilchen nachweisen:

Legt man nach *Hales* auf einen eisernen, elektrisierten Konduktor ein Stück Kupfer, auf dieses ein Ei und zieht Funken aus den drei verschiedenen Substanzen, so haben dieselben eine verschiedene Färbung, der Funke aus dem Eisen ist weiss, der aus dem Kupfer grün und der aus dem Ei gelb.

Erkl. 670. Durch die photometrischen Messungen von *Masson* wurde der Zusammenhang zwischen der Erwärmung im Schliessungsbogen und der Intensität des elektrischen Funkens vollständig bestätigt. Ausführliches über die photometrischen Messungen findet man in einem späteren Kapitel.

Erkl. 671. Die Intensität des elektrischen Funkens, welcher den Entladungsschlag einer elektrischen Batterie begleitet, ist um so stärker, je grösser die entladene Elektricitätsmenge ist und je besser der Schliessungsbogen leitet.

a). in der atmosphärischen Luft eine bläulichweisse,
b). in Stickstoffgas eine blaue oder purpurne,
c). in Sauerstoffgas eine weisse,
d). in Wasserstoffgas eine hochrote,
e). in Kohlensäure eine grünliche,
f). in Salzsäure eine weissl. Färbung;

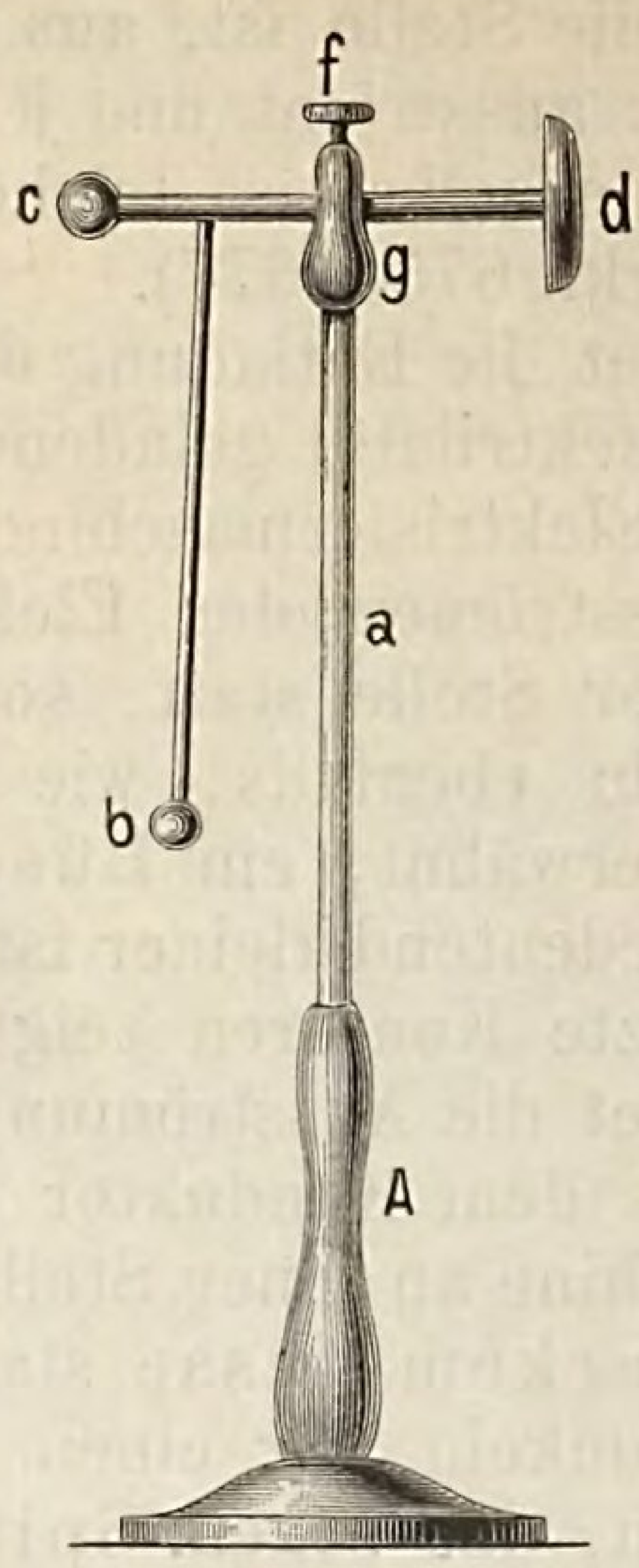
je dichter jedoch diese Gase sind, um so mehr nähern sich diese Färbungen dem Weissen.

Frage 221. Was kann man im allgemeinen von den Lichterscheinungen aussagen, die man bei der Entladung eines isolierten elektrischen Leiters, z. B. bei der Entladung des Konduktors einer Elektrisiermaschine erhält?

Antwort. Von den Lichterscheinungen, die man bei der Entladung des Konduktors einer Elektrisiermaschine erhält, kann man im allgemeinen folgendes aussagen:

1). Nähert man dem geladenen Konduktor einer Elektrisiermaschine einen mit der Erde in leitender Verbindung

Figur 218.



Erkl. 672. Um aus einem isolierten und elektrisierten Leiter, wie z. B. aus dem Konduktor einer Elektrisiermaschine Funken zu ziehen, bedient man sich gewöhnlich eines sog. Funkenziehers.

Die Figur 218 stellt einen Funkenzieher dar, der sehr bequem zu handhaben ist und besonders dazu dient, um grosse und kräftige Funken aus dem Konduktor einer Elektrisiermaschine zu ziehen.

Erkl. 673. Wie schon früher erwähnt, ist die Wirkung einer Elektrisiermaschine, bezw. die Länge des den Entladungsschlag begleitenden Funkens besonders abhängig von dem Grad der Feuchtigkeit der umgebenden Luft. Hierdurch kam *Winter* in Wien auf den Gedanken, ein sogen. Hygroelektrometer aus Darmsaiten zu konstruieren, um damit die Wirkungen seiner Elektrisiermaschinen zu vergleichen. Die Skala eines solchen Instruments teilte er in 16 gleiche Teile und bezeichnete den Maximalpunkt der Feuchtigkeit mit 0, den Minimalpunkt derselben mit 16.

Hiermit angestellte Versuche führten *Winter* zu dem Resultat, dass die mittels einer Elektrisiermaschine zu erreichende Funkenlänge in demselben Verhältnis abnimmt, in welchem sich der Zeiger seines Hygrometers dem Maximalpunkt 0 der Feuchtigkeit nähert. Hiernach hätte man die grösste Wirksamkeit, bezw. die grösste Funkenlänge zu erwarten, wenn der Zeiger des Winterschen Hygrometers auf den Minimalpunkt 16 der Feuchtigkeit zeigt.

stehenden Leiter, welcher abgerundet ist, so findet in einer bestimmten Entfernung desselben von dem Konduktor eine Entladung des letzteren statt, die von einem elektrischen Funken begleitet wird. Was in voriger Antwort in bezug auf den elektrischen Funken einer Batterie gesagt ist, gilt im allgemeinen auch für den elektrischen Funken, der die Entladung eines isolierten und elektrisierten Leiters begleitet (siehe die Erkl. 672—674).

2). Findet die Entladung des mit positiver Elektricität geladenen Konduktors einer Elektrisiermaschine durch einfaches Ausströmen an einer Stelle des Konduktors statt, so sieht man im Dunkeln ein sogen. Büschellicht (auch elektrischer Büschel genannt), das die Form eines Kegels hat, dessen Spitze die Stelle ist, aus welcher die Elektricität ausströmt, was man sich dadurch erklären kann, dass sich die durch das ungleichmässige Ausströmen der Elektricität hervorgerufenen elektrischen Lichtstrahlen als gleichnamig elektrisch um so weiter abstossen, je weiter sie sich von dem Konduktor entfernen.

Das Büschellicht erhält man, wenn man irgend eine Stelle des Konduktors mittels Wachs rauh macht, oder wenn man an dem Konduktor einen am Ende abgerundeten Draht oder eine kleine Metallkugel oder auch ein zugespitztes Holzstück anbringt und den Konduktor möglichst kräftig ladet.

Durch Influenz erhält man den Lichtbüschel, wenn man dem Konduktor eine mit der Erde in leitender Verbindung stehende Spitze nähert, siehe Figur 220, so dass Elektricität aus der Spitze überströmen muss (siehe Antw. der Frage 58), oder wenn man einer kleinen, mit dem Konduktor in leitender Verbindung stehenden Kugel oder abgerundeten Metallstange die Hand oder eine mit der Erde in leitender Verbindung stehende Metallfläche nähert.

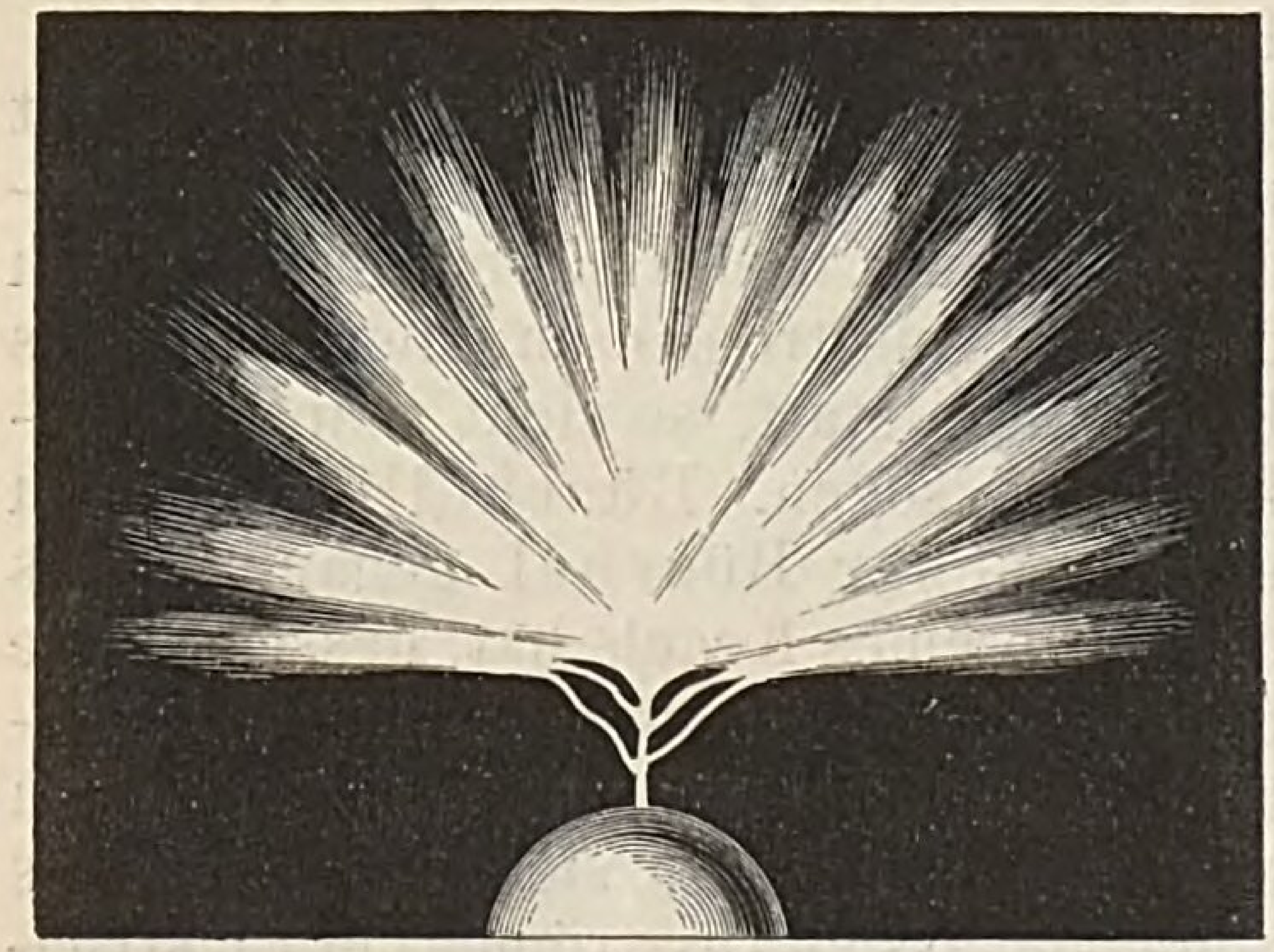
Die Farbe des Büschellichts ist bläulichpurpurn.

Das Büschellicht wird von einem zischenden Geräusch begleitet.

Erkl. 674. *Winter* in Wien erzielte mit seiner durch die Figur 44 dargestellten Maschine bei einem Scheibendurchmesser von 1 m elektrische Funken von 60 cm Länge, bei einem Scheibendurchmesser von 45 cm solche von 30 cm Länge.

Nach den Angaben Dr. *Müllers* soll *Winter* bei der nach seinem System umgebauten Maschine des Polytechnikums in Wien eine Funkenlänge von 1 m erzielt haben.

Figur 219.



Erkl. 675. Die Figur 219 stellt ein elektrisches Büschellicht in $^1/_{10}$ der natürlichen Grösse dar, wie es mittels einer sehr kräftigen Elektrisiermaschine durch von *van Marum* aus einer 9 cm Durchmesser enthaltenden Kugel erzeugt wurde.

Erkl. 676. Will man mittels schwacher Maschinen einen durch freie Ausstrahlung entstehenden Lichtbüschel erhalten, so benutzt man nach Dr. *Müller* am besten einen Messingstab von 2—4 mm Durchmesser (siehe Erkl. 682).

Erkl. 677. Bei der Erzeugung des Büschellichts darf in der Nähe kein Leiter sein, der eine Entladung des Konduktors durch Ueberspringen von Funken veranlasst.

Erkl. 678. Der Unterschied zwischen dem Büschellicht der $+E$ und dem der $-E$ ist keine Folge des Unterschieds beider Elektricitätsarten, sondern beruht jedenfalls auf einer verschiedenen Elektrisierung der Luft. Denn *Faraday*, welcher vielfache Versuche anstellte, fand, dass das positive Büschellicht in fast allen Gasen grösser als das negative ist, dass jedoch im Steinkohlengas und in gasförmiger Kohlensäure das umgekehrte stattfindet, und dass im Sauerstoffgas und im luftverdünnten Raum beide Büschel gleichgross sind (siehe Erkl. 681).

Die Form des Büschellichts nähert sich um so mehr dem elektrischen Funken, je kleiner die Stelle ist, aus welcher die Elektricität ausströmt und je wirksamer die Maschine selbst ist (siehe Figur 219 und die Erkl. 675—677).

3). Findet die Entladung des mit negativer Elektricität geladenen Konduktors einer Elektrisiermaschine durch einfaches Ausströmen der Elektricität an irgend einer Stelle statt, so sieht man im Dunkeln ebenfalls, wie vorstehend unter 2). erwähnt, ein Büschellicht, das aber bedeutend kleiner ist und schärfer begrenzte Konturen zeigt.

4). Findet die Ausströmung der Elektricität aus dem Konduktor einer Elektrisiermaschine an einer Stelle desselben in sehr starkem Masse statt, so sieht man im Dunkeln nur einen leuchtenden Stern, das sogen. Spitzen- oder Glimmlicht.

Das Glimmlicht erhält man, wenn man an dem Konduktor eine feine Spitze anbringt, oder wenn man dem Konduktor eine Spitze nähert; in letzterem Fall tritt es an der Spitze selbst auf und wird erzeugt durch die aus der Spitze austretende Influenzelektricität der 1ten Art.

Das aus einem Konduktor erhaltene Büschellicht ist, wenn derselbe mit negativer Elektricität geladen ist, meist nur ein Glimmlicht (siehe die Erkl. 678 bis 685).

5). Bläst man langsam gegen ein Büschellicht, so erhält man ein Glimmlicht.

6). Hängt man nach *van Marum* an den Funkenzieher einer kräftig wirkenden Elektrisiermaschine einen langen dünnen Metalldraht, so dass er beinahe den Boden berührt, und setzt die Maschine in Thätigkeit, so sieht man im Dunkeln aus dem Draht nach allen Seiten hin, wie die Figur 221 zeigt, kleine Lichtstrahlen heraustreten und den ganzen Draht als ein einziges Büschellicht leuchten. Diese Erscheinung ist unter dem Namen „*van Marums* leuchtender Draht“ bekannt (siehe Erkl. 686).

Erkl. 679. Wie schon in Antw. der Frage 122 erwähnt, sieht man das Büschel- und das Glimmlicht auch an den Spitzen der Kämme einer Influenzmaschine, aus welchen die entgegengesetzten Elektricitäten auf die Scheibe überströmen.

Erkl. 680. Das Büschel- und das Glimmlicht kann auch an schlechten Leitern, z. B. an Glas, Holz etc. beobachtet werden (siehe Antwort der Frage 122).

Erkl. 681. Das Büschel-, als auch das Glimmlicht erhält man mittels positiver Elektricität im allgemeinen leichter als mittels negativer Elektricität (siehe Erkl. 678).

Erkl. 682. Bei sehr kräftig wirkenden Maschinen kann die Anhäufung der Elektricität in einer mit dem Konduktor verbundenen Kugel von entsprechender Grösse so stark werden, dass die Büschelentladung gegen Holz und andre Halbleiter, ja selbst in bedeutendem Masse allein gegen die Luft stattfindet.

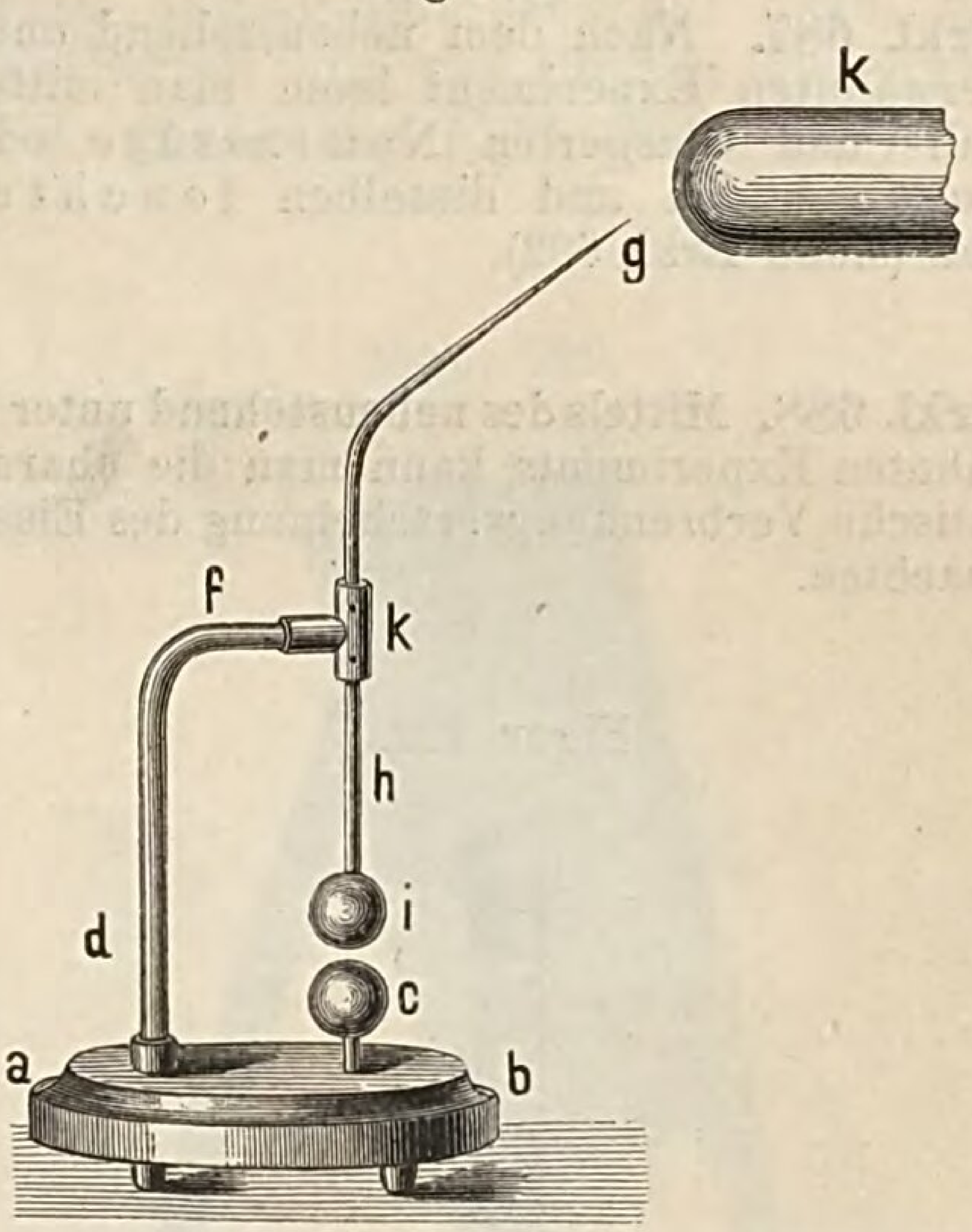
Erkl. 683. Das Büschellicht rührt, wie *Wheatstone* mittels seines schnellrotierenden Spiegels (siehe den II. Teil) nachgewiesen hat, von rasch aufeinanderfolgenden kleinen Entladungen her.

Erkl. 684. Das Büschellicht zeigt, je nach der Natur des Gases, in welchem es erzeugt wird, verschiedene Grössen und verschiedene Färbungen. Nach *Faradays* Angaben ist das Büschellicht
in Luft purpurn,
„ Sauerstoff kurz und mattweisslich,
„ Stikstoff schön und weiss,
„ Wasserstoff gross und grünlich,
„ Kohlensäure klein und rötlichgrün,
„ Kohlenwasserstoff kurz und grünlich.

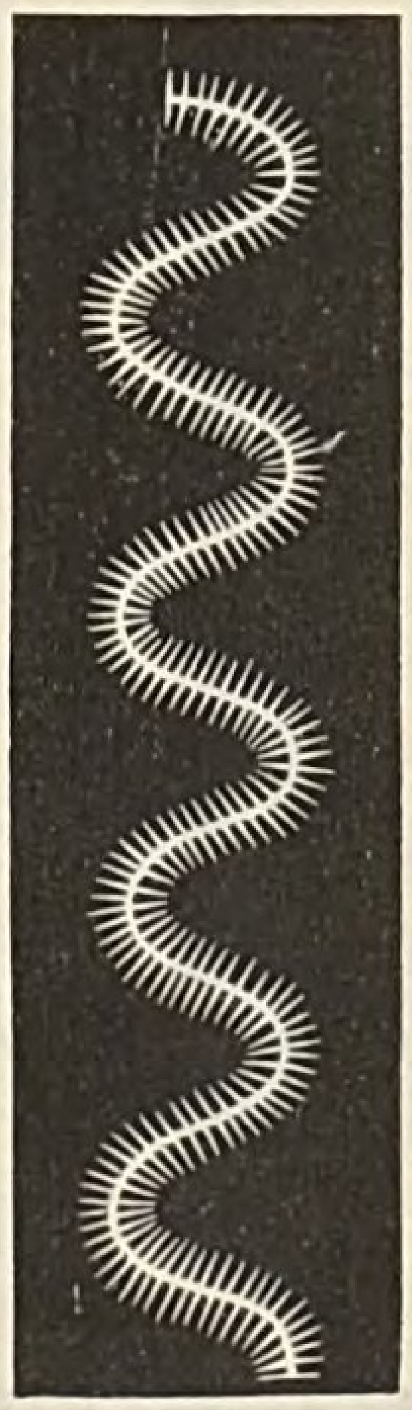
Erkl. 685. Das Büschel- und das Glimmlicht zeigen sich oft in sehr grossartigem Massstab bei Gewitterluft. Diese Erscheinung wurde von den Seeleuten schon in den frühesten Zeiten an den Mastspitzen beobachtet. Die Seeleute hielten es als ein drohendes Zeichen, wenn sich auf dem Schiff nur ein Feuer zeigte, hielten es aber für ein günstiges Zeichen, wenn sich zwei Flammen zeigten. Ein einzelnes Feuer nannten die Seeleute Helene, ein doppeltes Feuer Kastor und Pollux; gegenwärtig nennt man derartige Feuer St. Elmsfeuer. (Siehe Kleyers Lehrb. der atmosphär. Elektricität.)

Erkl. 686. Führt man das nebenstehend unter 6). erwähnte Experiment nicht im luftverdünnten Raum aus, so muss man eine sehr kräftig wirkende Maschine haben, während im luftverdünnten Raum eine schwache Maschine zu diesem Experiment genügt.

Figur 220.



Figur 221.



Frage 222. Mittels welcher Experimente kann man die Lichterscheinungen zeigen, die durch Vervielfältigung des elektrischen Funkens entstehen?

Antwort. Die Lichterscheinungen, die durch Vervielfältigung des elektrischen Funkens entstehen, kann man mittels folgender Experimente zeigen:

1). Reiht man auf einem Seidefaden Metallperlen und Glasperlen so, dass je zwei Metallperlen durch eine Glasperle getrennt sind und man bringt diese Kette einerseits mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, andrerseits mit dem Erdboden in leitende Verbindung und setzt die Maschine in Thätigkeit, so springen fortgesetzt von einer Metallperle zur andern elektrische Funken über und die ganze Kette scheint zu leuchten (siehe Erkl. 687).

2). Schaltet man nach *Grüel* bei der Entladung einer Verstärkungsflasche in den Schliessungsbogen eine Metallkette ein, deren Glieder aus dünnem Eisendraht bestehen, so springen zwischen den einzelnen Gliedern der Kette elektrische Fünkchen über und die ganze Kette scheint zu glühen (siehe Erkl. 688).

3). Bringt man das eine Ende eines sogen. Aronsstabs oder einer sogen. Blitzröhre (siehe Erkl. 689) mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitende Verbindung, während man das andre Ende mit der Erde in leitende Verbindung setzt (indem man also dasselbe z. B. in der Hand hält) und setzt die Maschine in Thätigkeit, so springen gleichzeitig zwischen den einzelnen Stanniolbelegungen der Blitzröhre elektrische Funken über und man sieht nur eine Lichtlinie, welche die Zickzackform eines Blitzes hat, daher der Name Blitzröhre (siehe Erkl. 689).

4). Bringt man die hintere Fläche einer sog. Blitztafel (siehe Erkl. 690) mit dem Erdboden, die vordere Fläche mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitende Verbindung und setzt die Maschine in Thätigkeit, so strömt die Elektricität von dem Konduktor auf die vordere Fläche der Blitztafel, und da die Stanniolbelegung, welche diese Fläche bedeckt, unterbrochen ist, wie die Figur 223 zeigt, so springt

Erkl. 687. Nach dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment kann man mittels Metall- und Glasperlen Namenszüge oder Figuren bilden und dieselben leuchten lassen (siehe Erkl. 692).

Erkl. 688. Mittels des nebenstehend unter 2). erwähnten Experiments kann man die charakteristische Verbrennungserscheinung des Eisens beobachten.

Figur 222.



Erkl. 689. Die sogen. Blitzröhre [siehe das nebenstehend unter 3). erwähnte Experiment] besteht, siehe Figur 222, aus einer Glasröhre, auf welcher ganz kleine, rautenförmige Stanniolblättchen so aufgeklebt sind, dass zwischen je zweien einander zugekehrten Spitzen derselben ein kleiner Zwischenraum ist und dass sie in ihrer Aufeinanderfolge, wie die

Figur 222 zeigt, eine um die Glasröhre sich windende Schraubenlinie bilden. Das obere und untere Ende der Glasröhre sind mit grösseren Stanniolbelegungen versehen.

Erkl. 690. Die sogen. Blitztafel [siehe das nebenstehend unter 4). erwähnte Experiment] ist nichts anderes als eine Franklinsche Tafel, siehe Figur 223, welche beiderseits mit Stanniol belegt ist, bei welcher aber die Stanniolbelegung auf der vorderen Seite, wie die Figur 223 zeigt, durch parallele Schnitte von circa $^1/_2$ mm Breite in rautenförmige Stückchen eingeteilt ist. Auf der Mitte dieser vorderen Fläche der Blitztafel ist ein mit einem Haken versehenes Metallblättchen angebracht, welches dazu dient, diese Fläche mit einer Elektricitätsquelle in leitende Verbindung setzen zu können.

Die Blitztafel wird gewöhnlich, ähnlich wie die durch die Figuren 104 und 105 dargestellte Franklinsche Tafel, auf ein Stativ oder auf ein mit einem Einschnitt versehenes Stück Holz befestigt. Die durch die Figur 223 dargestellte und in Dr. Müllers Physik beschriebene Blitztafel ist auf einer Staffelei angebracht, infolgedessen sie bequem zu handhaben ist und vor dem Zerbrechen bewahrt bleibt.

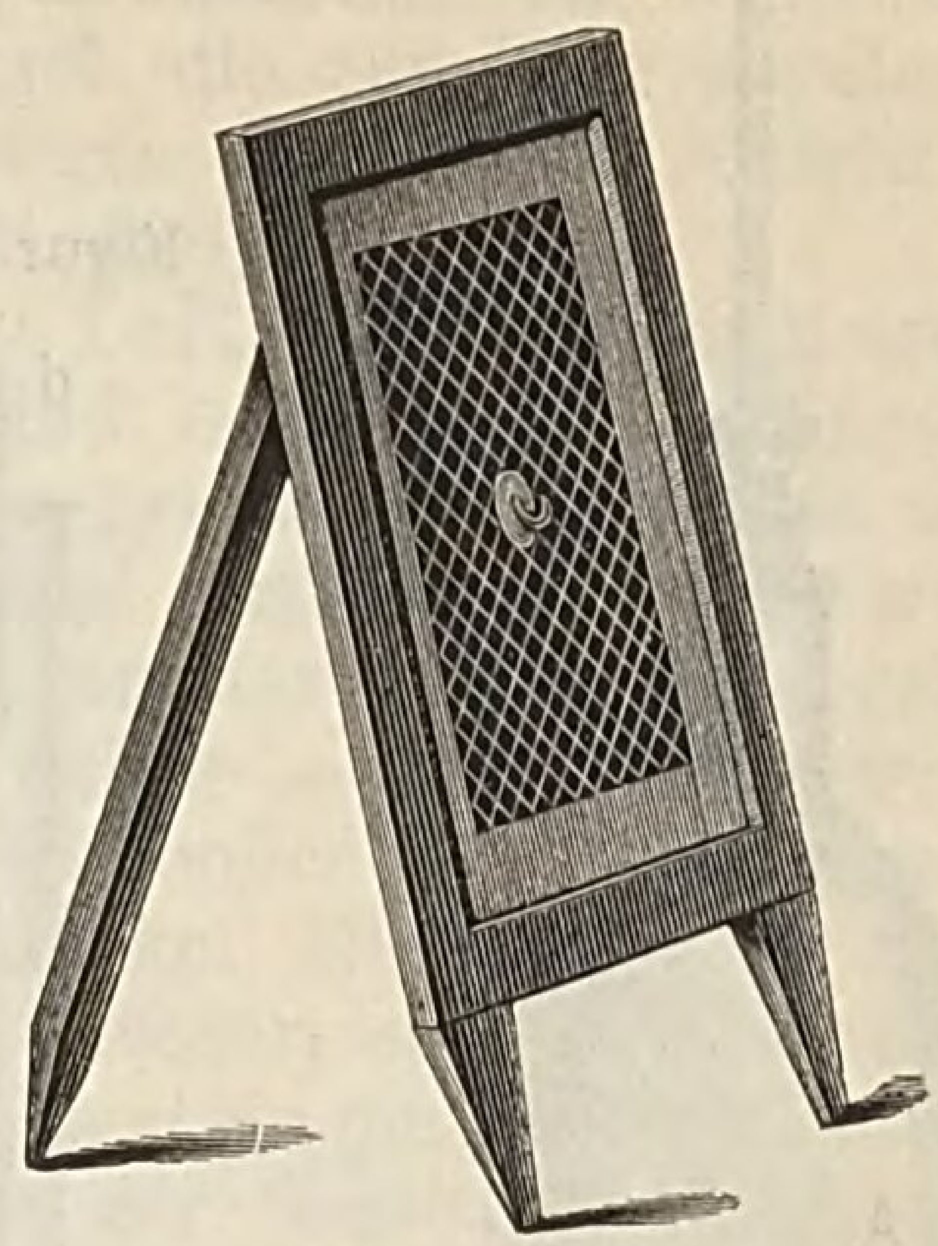
Erkl. 691. Die Figur 224 stellt eine kleine Blitztafel dar, wie sie von Mechanikus *Wesselhöft* in Halle angefertigt wird.

Erkl. 692. Nach den nebenstehend unter 3). und 4). erwähnten Experimenten kann man mittels Stückchen Stanniol, die man entsprechend auf eine Glastafel klebt, Namen, Figuren etc. bilden und dieselben elektrisch beleuchten (siehe Erkl. 687).

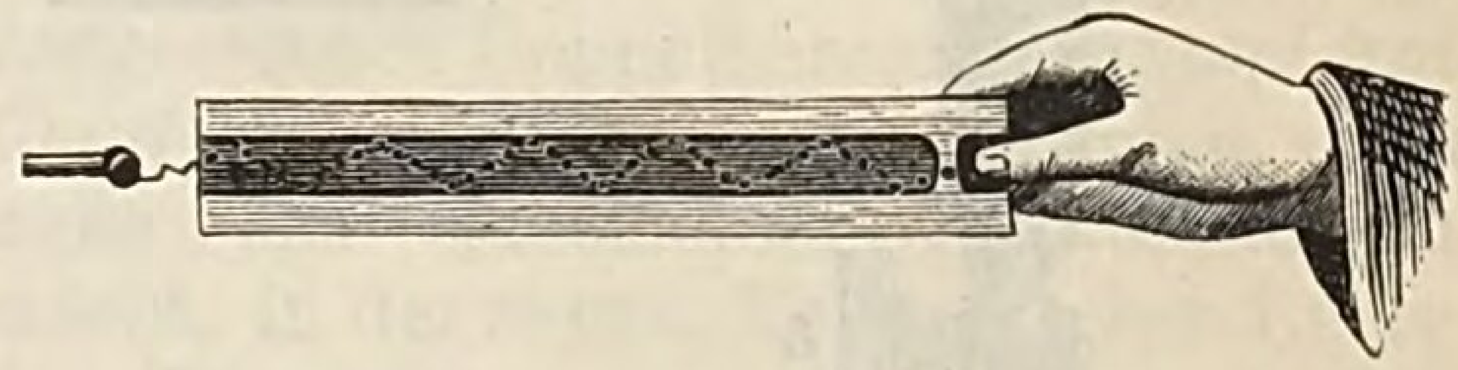
Erkl. 693. Weitere interessante hierhergehörige Experimente findet man in Kleyers Experimentierbuch der Reibungselektricität.

die Elektricität in Form des elektrischen Funkens von einem Stückchen der Stanniolbelegung zum andern und es scheint, als ob von der Mitte der Tafel aus, wo die leitende Verbindung mit dem Konduktor angebracht ist, die Tafel nach allen Seiten hin von Blitzen durchzuckt würde (siehe die Erkl. 690—692).

Figur 223.



Figur 224.



Frage 223. Was kann man in bezug auf die elektrischen Lichterscheinungen aussagen, wenn dieselben im luftverdünnten Raum stattfinden und durch welche Experimente kann man die gemachte Aussage experimentell bestätigen?

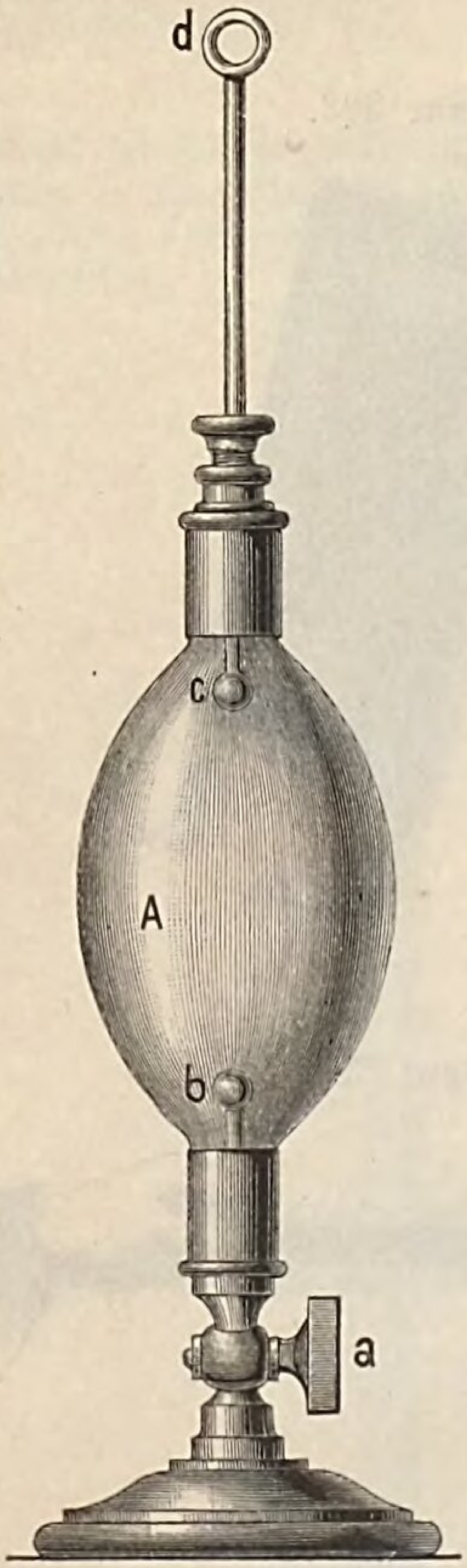
Erkl. 694. Dass der luftverdünnte Raum ein schlechterer Leiter der Elektricität als der lufterfüllte Raum ist, wies *Riess* dadurch nach, dass er unter die Glocke einer Luftpumpe ein Elektroskop stellte, dessen Goldblättchen eine Divergenz von 14 mm zeigten. Nach 55 Minuten fand er, dass die Goldblättchen nur noch eine Divergenz von 4 mm zeigten. Hierauf elektrisierte er das Elektroskop wieder so, dass es die frühere Divergenz von 14 mm zeigte und evakuierte die Glocke (den Reci-

Antwort. In bezug auf die elektrischen Lichterscheinungen, wenn dieselben im luftverdünnten Raum stattfinden, kann man im allgemeinen folgendes aussagen:

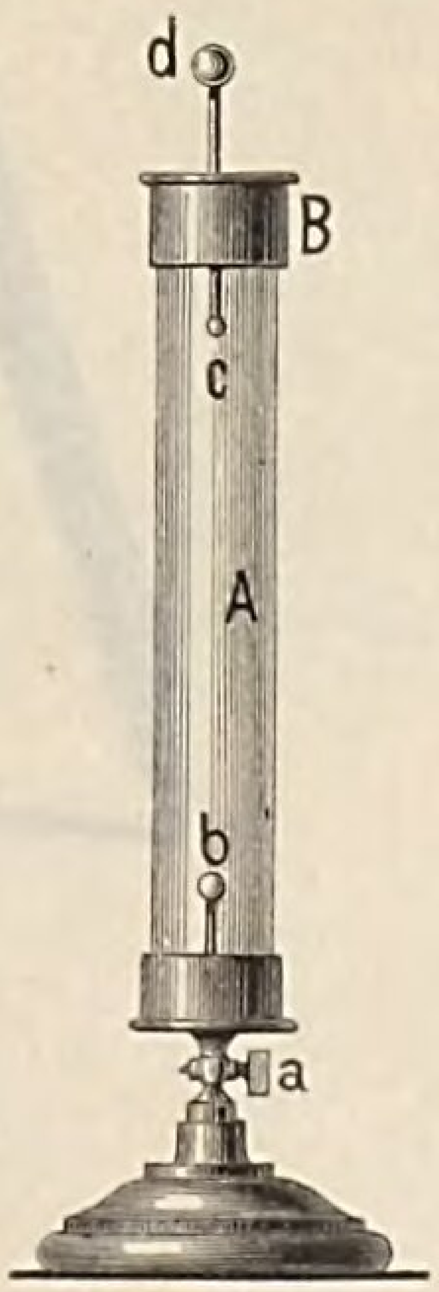
a). Im luftverdünnten Raum nimmt der elektrische Lichtbüschel eine blassviolette Farbe an und breitet sich in prachtvollen Lichtgarben aus, indem die verdünnte Luft die Elektricität schlechter leitet als die gewöhnliche atmosphärische Luft (siehe Erkl. 694), was zur Folge hat, dass die Elektricität im luftverdünnten

pienten der Luftpumpe) so, dass die Luft unter der Glocke nur noch unter einem Druck von einer 10 mm hohen Quecksilbersäule stand. Nach 68 Minuten fand er schliesslich, dass die Divergenz der Goldblättchen jetzt nur um 1 mm abgenommen hatte.

Figur 225.



Figur 226.



Erkl. 695. Das elektrische Ei, siehe Figur 225, besteht aus dem ellipsoidenförmigen Glasgefäss *A*, an welchem unten und oben Messingfassungen luftdicht festgekittet sind. Die untere Messingfassung enthält den Hahn *a*, die mit der Messingfassung, bezw. mit der Erde in leitender Verbindung stehende Kugel *b* und ein inneres Schraubengewind. Mittels diesem Schraubengewind kann das luftdicht verschlossene Glasgefäss *A* auf eine Luftpumpe geschraubt und, wenn der Hahn *a* geöffnet ist, evakuiert und dann, wenn der Hahn *a* wieder geschlossen ist, wie die Figur zeigt, auf ein Stativ aufgeschraubt werden. Die obere Messingfassung trägt den Zuleitungsdraht *cd*, der

Raum besser (langsamer) nach allen Richtungen hin durchdringen kann als im lufterfüllten Raum.

b). Im luftverdünnten Raum geht der elektrische Entladungsfunke aus bedeutend grösseren Entfernungen über, indem die verdünnte Luft dem Durchgang der Elektricität weniger Hindernis entgegensetzt als die gewöhnliche Luft. Hieraus ergibt sich, dass die verdünnte Luft besser leitet als die gewöhnliche atmosphärische Luft.

c). Im luftverdünnten Raum zeigen die elektrischen Lichterscheinungen, z. B. der elektrische Funke, das Büschel- und das Glimmlicht gleiche Beschaffenheit.

d). Im luftverdünnten Raum können die elektrischen Lichterscheinungen auch durch einfache Reibung erzeugt werden u. a. m.

Diese Aussagen kann man mittels folgender Experimente bestätigen:

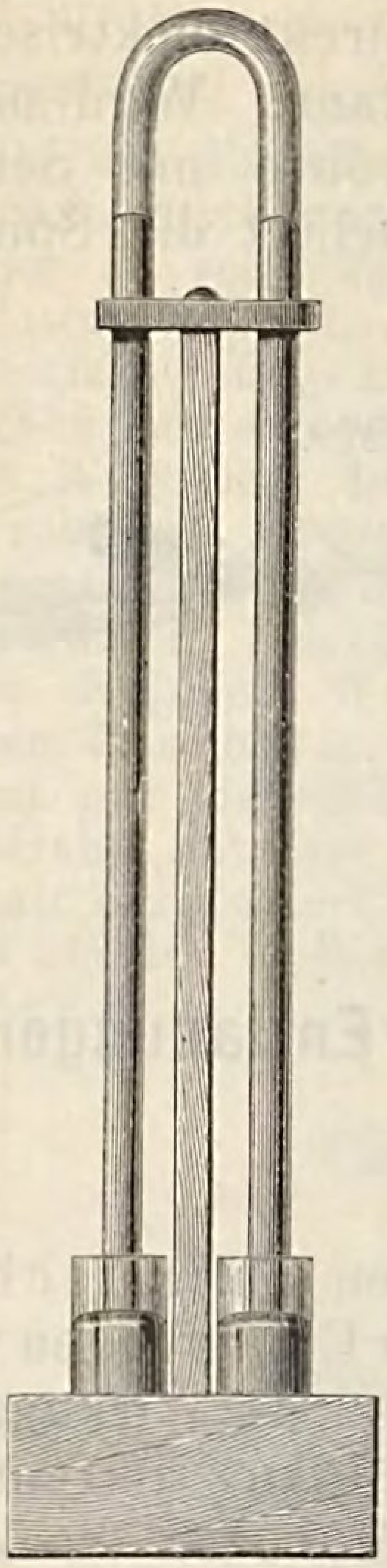
1). Hat man ein sogen. elektrisches Ei, siehe Figur 225 und die Erkl. 695, und gibt den Kugeln *b* und *c* die in der Figur 225 angedeutete Stellung, verbindet die untere Kugel *b* leitend mit der Erde, die obere Kugel *c* leitend mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, so finden bei fortgesetzter Drehung der Elektrisiermaschine zwischen den Kugeln *b* und *c* beständig Entladungen statt und man sieht im Dunkeln die Elektricität von der Kugel *c* auf die Kugel *b* in breiten purpurfarbenen (blassvioletten) Lichtbändern überströmen.

2). Hat man, siehe Figur 226, eine sogen. elektrische Röhre, deren Einrichtung derjenigen des in der Erkl. 695 beschriebenen elektrischen Eies im allgemeinen gleich ist, so kann man den Kugeln *b* und *c* grössere Entfernungen geben und zeigen, dass der Entladungsfunke aus grösseren Entfernungen zwischen den Kugeln *b* und *c* überspringt, wenn die Luft in der Röhre verdünnt ist, als wenn sie nicht verdünnt ist.

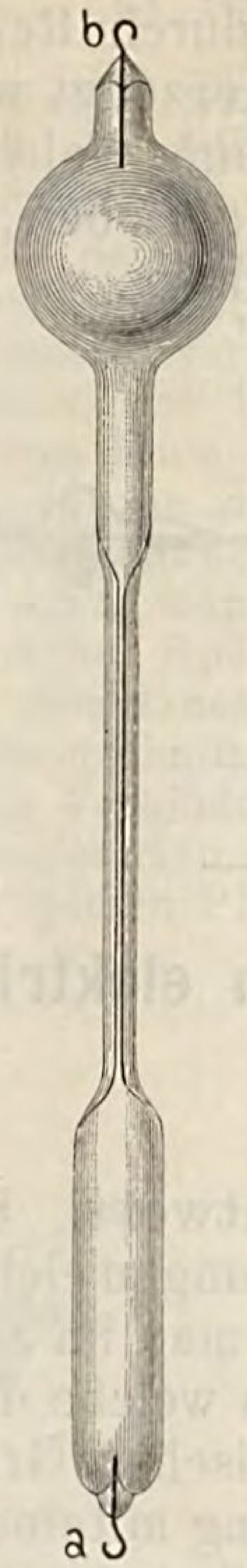
3). Mittels des elektrischen Eies kann man nach *Faraday* darthun, dass im luftverdünnten Raum, wie vorstehend unter c). erwähnt, die elektrischen Lichterscheinungen, als elektrischer Funke,

in einer Lederbüchse verschiebbar ist und so gestellt werden kann, dass sich die Kugeln *b* und *c* in kurzer Entfernung gegenüberstehen und dass zwischen denselben, wenn der Zuleitungsdraht *cd* mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine und die untere Fassung mit der Erde in leitende Verbindung gebracht ist, der Entladungsschlag stattfinden kann.

Figur 227.



Figur 228.



Erkl. 696. Lässt man bei dem nebenstehend unter 3). erwähnten Experiment durch Oeffnen des Hahns *a*, siehe Figur 225, nach und nach wieder etwas Luft einströmen, so wird die Lichterscheinung in dem Ei immer mehr abnehmen und man sieht schliesslich nur noch den gewöhnlichen elektrischen Funken zwischen den Kugeln *b* und *c* überspringen.

Erkl. 697. *Picard* zu Paris (1675) war der erste, welcher beobachtete, dass das Barometer an der Toricellischen Leere im Dunkeln leuchtet, wenn das Quecksilber auf- und niederschwankt.

Erkl. 698. Steht jedes der Enden des durch die Figur 227 dargestellten Doppelbarometers in einem mit Quecksilber gefüllten Metallgefäss, und wird das eine Ende mit dem Kon-

Büschellicht und Glimmlicht, fast gleiche Beschaffenheit annehmen. Zuerst gehen bei gewisser Entfernung der Kugeln elektrische Funken über; bei allmählicher Verdünnung der Luft gehen dieselben in Büscheln über, die bei weiterer Verdünnung der Luft breiter werden, zusammenfliessen und einen einzigen breiten Lichtstrom bilden, der bei fortschreitender Verdünnung der Luft stetig grösser wird und sich nach den Wandungen der Glaskugel ausdehnt, bis schliesslich auf der Kugel, die zur Erde abgeleitet ist, ein stetiges Glimmlicht eintritt (siehe die Erkl. 696).

Ist die Luft innerhalb der Kugeln verdünnt und man stellt die Kugeln einander so gegenüber, dass sie sich berühren und entfernt sie dann etwas, so entsteht an der zur Erde abgeleiteten Kugel, welche $-E$ enthält, ein anhaltendes Glimmlicht, während die andre Kugel dunkel bleibt. Wird die Entfernung grösser, so entsteht an der positiven Kugel ein purpurner Lichtstreifen, der sich der negativen Kugel um so mehr nähert, je weiter die Kugeln auseinandergezogen werden [siehe vorstehendes Experiment 1).]

4). Mittels des durch die Figur 227 dargestellten Doppelbarometers von Lord *Charles Cavendish* kann man zeigen, dass wenn das Quecksilber Schwankungen macht, in der sogen. Toricellischen Leere des Barometers ein elektrischer Lichtschein im Dunkeln wahrnehmbar ist, der eine Folge der Reibung des Quecksilbers an den Wandungen des Gefässes im luftverdünnten Raum ist (siehe die Erkl. 697 und 698).

5). Mittels einer besonderen von *Geissler* hergestellten Röhre, die evakuiert ist, im Innern etwas Quecksilber und noch eine engere Röhre mit kugelförmigen Erweiterungen, aus Uranglas bestehend, enthält, kann man ebenfalls zeigen, dass durch einfache Reibung das elektrische Licht entsteht, ähnlich wie bei dem vorstehend unter 4). erwähnten Experiment. Werden nämlich diese von *Geissler* verfertigten Röhren heftig geschüttelt, so verbreiten sie ein grün-

duktor einer Elektrisiermaschine, das andre mit der Erde leitend verbunden, so beobachtet man in der Toricellischen Leere ein fast konstantes Licht.

Erkl. 699. Zur Untersuchung des elektrischen Lichts im luftverdünnten Raum, in Gasen und Dämpfen, benutzte *Pückler* Glasröhren, welche meist die durch die Figur 228 dargestellte Form besitzen, sehr verdünnte atmosphärische Luft oder verdünnte andre Gasarten enthalten und an den Enden eingeschmolzene Platindrähte tragen.

Diese von *Pückler* erdachten Röhren wurden zuerst von *Geissler* in Bonn hergestellt und heissen nach ihm die Geisslerschen Röhren. *Geissler* (bezw. *Geisslers* Nachfolger) verfertigt derartige Röhren in den verschiedensten Formen und den mannigfachsten Zwecken dienend [siehe nebenstehende Experimente 5). und 6). und die Erkl. 700].

Ausführliches über die Geisslerschen Röhren findet man in späteren Kapiteln.

Erkl. 700. Die Figur 229 stellt eine andre Form der Geisslerschen Röhren dar, wie sie dem Verfasser von dem Mechanikus *Wesselhöft* in Halle geliefert wurde.

liches Licht, das so hell sein soll, dass man direkt daneben lesen kann (siehe Erkl. 699).

6). Auch mittels der von *Geissler* verfertigten evakuierten Glasröhren, die je im Innern noch eine Spirale von fluorescierendem Glas (d. i. Glas, das durch Einfluss von Licht selbstleuchtend erscheint) enthalten, kann man zeigen, dass durch Reibung direkt elektrisches Licht erzeugt werden kann. Wird nämlich eine solche Glasröhre mit Seidezeug gerieben, so leuchtet die Spirale im Innern.

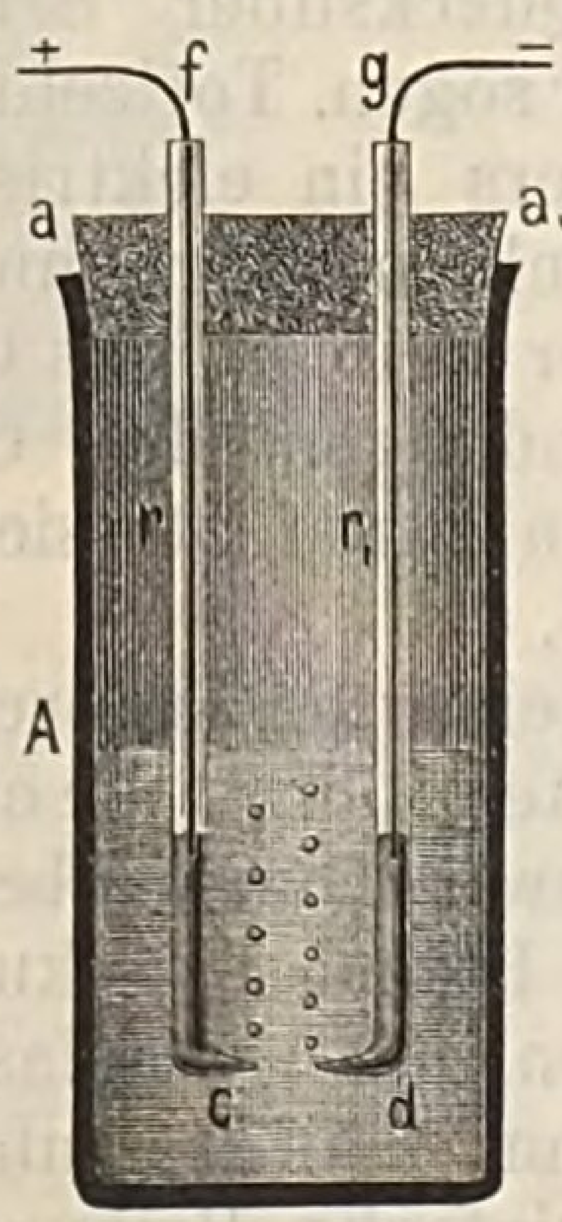
Figur 229.



f). Ueber die chemischen Wirkungen elektrischer Entladungen.

Frage 224. Was versteht man unter den chemischen Wirkungen elektrischer Entladungen und durch welche Experimente kann man dieselben zeigen?

Figur 230.



Erkl. 701. Weitere Experimente, mittels welcher man die chemischen Wirkungen elektrischer Entladungen zeigen kann, findet man in Kleyers Lehrbüchern des Galvanismus, der Elektrolyse und der chemischen Wirkungen elektrischer Entladungen.

Antwort. Unter den chemischen Wirkungen elektrischer Entladungen versteht man im allgemeinen die Wirkungen, durch welche die Verbindung getrennter chemischer Grundstoffe, oder die Zersetzung miteinander verbundener Grundstoffe hervorgerufen wird. Dieselben kann man unter anderm mittels folgender Experimente (siehe die Erkl. 701 und 702) zeigen:

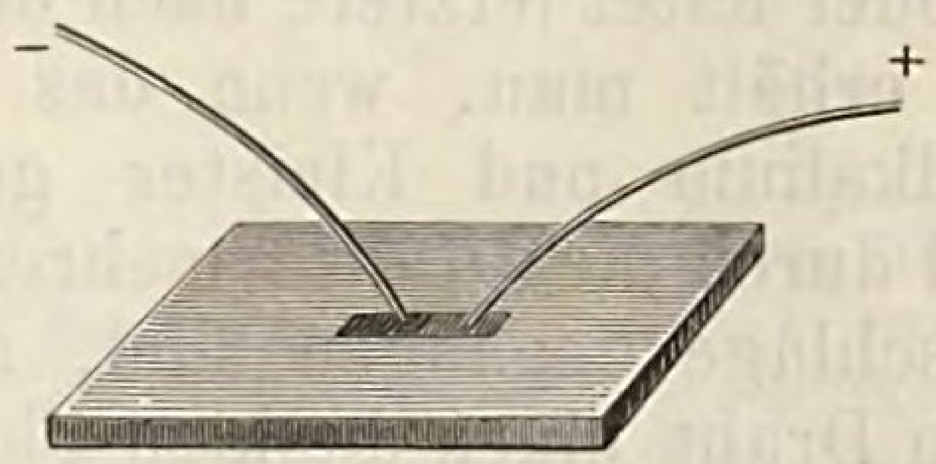
1). Steckt man, siehe Figur 230, durch den Kork $a a_1$ des zum Teil mit Wasser gefüllten und in der Figur im Durchschnitt dargestellten Glascylinders A die zwei Glasröhrchen r und r_1, in welchen sich die Drahtleitungen f und g befinden und die unten in sogen. Wollastonschen Spitzen c und d (siehe Erkl. 703) endigen, so dass diese Spitzen c und d, wie die Figur 230 zeigt, einander gegenüberstehen, und man bringt z. B. den Draht g mit der Erde in leitende Verbindung und lässt auf den Draht f von dem Konduktor einer Elektrisiermaschine circa

Erkl. 702. Ob die chemischen Wirkungen elektrischer Entladungen durch die Elektricität selbst hervorgerufen sind, oder ob dieselben nur sekundäre Folgen elektrischer Entladungen, nämlich eine Folge der bei den elektrischen Entladungen sich entwickelnden Wärme sind, das lässt sich zur Zeit im allgemeinen noch nicht völlig unterscheiden. In einzelnen Fällen kann man allerdings unzweifelhaft darthun, dass die chemischen Wirkungen elektrischer Entladungen Folgen der Elektricität selbst sind.

Erkl. 703. Um bei der Wasserzersetzung mittels des Entladungsschlags die Leitungsdrähte möglichst gegen die Berührung mit dem Wasser zu schützen, schmolz der Physiker *Wollaston* in Glashaarröhrchen Golddrähte ein und entfernte die je am einen Ende dieser Haarröhrchen hervorragenden Spitzen der Drähte durch Wegfeilen; die am andern Ende dieser Haarröhrchen hervorragenden Spitzen dienten ihm zur Herstellung der Verbindung mit den Leitungsdrähten. Solche Spitzen nennt man nach ihrem Erfinder Wollastonsche Spitzen; werden dieselben in Wasser eingetaucht, so kommt nur die Fläche des Querschnitts des Golddrahts mit dem Wasser in Verbindung.

Statt der Golddrähte verwendet man neuerdings bei den Wollastonschen Spitzen Platindrähte.

Figur 231.



Erkl. 704. Die nebenstehend unter 1). erwähnte Wasserzersetzung durch den elektrischen Entladungsschlag wurde bereits im Jahr 1789 von *Paëts van Troastwyck* und *Deimann* dadurch vorgenommen, dass sie in eine mit Wasser gefüllte Glasröhre die Entladungsschläge einer Verstärkungsflasche zwischen zwei Golddrähten übergehen liessen.

Erkl. 705. Bei dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment wird nach *Wollaston* an jeder der Spitzen gleichzeitig Sauerstoffgas und Wasserstoffgas entwickelt.

Nach den Angaben von *Buff* erhält man bei Verwendung von luftfreiem, destilliertem oder schwach gesäuertem Wasser an der Spitze, in welcher sich vor jedem stattfindenden Entladungsschlag die $+E$ ansammelt, reines Sauerstoffgas, während man an der andern Spitze, an welcher sich also die $-E$ ansammelt, reines Wasserstoffgas erhält.

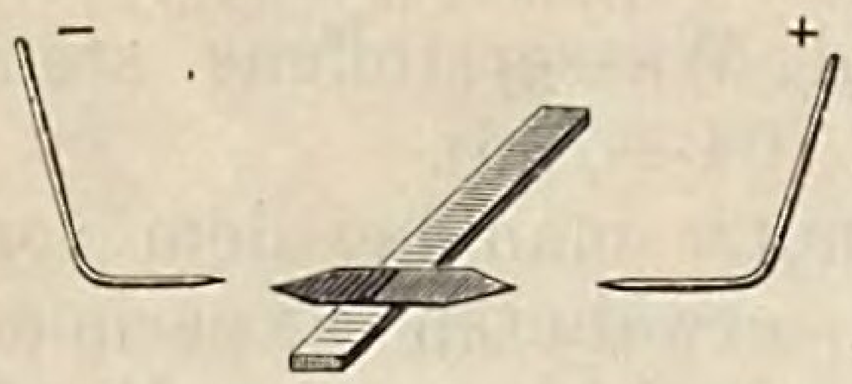
1 mm lange Fünkchen überschlagen, so findet in Form sehr kleiner, aufsteigender Bläschen an jeder der Spitzen *c* und *d* eine Gasentwicklung von Sauerstoff- und Wasserstoffgas statt (siehe die Erkl. 704—706).

2). Benutzt man bei dem vorstehend unter 1). erwähnten Experiment statt Wasser eine Lösung von Kupfervitriol (schwefelsaurem Kupferoxyd), so findet an der Spitze, an welcher sich vor jedem stattfindenden Entladungsschlag die $+E$ ansammelt, eine Gasentwicklung statt und daselbst wird Schwefelsäure frei, während sich an der andern Spitze Kupfer ablagert (siehe Erkl. 707).

3). Legt man, siehe Figur 231, auf eine Glasplatte ein mit Glaubersalz (Kalilösung) getränktes Stückchen Papier, welches zur Hälfte mittels Lackmustinktur blau, zur andern Hälfte mittels Curcumatinktur gelb gefärbt ist, und setzt, wie die Figur 231 zeigt, auf die blau gefärbte Hälfte einen mit dem positiven Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitender Verbindung stehenden Draht, auf die gelb gefärbte Hälfte einen mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Draht, und lässt durch Drehung der Maschine mehrere Entladungsschläge zwischen den Enden (den Polen) beider Drähte überspringen, so wird hierdurch das blau gefärbte Papier um das darauf ruhende Drahtende herum rot gefärbt, während das gelb gefärbte Papier um das darauf ruhende Drahtende braun gefärbt wird. Diese chemische Wirkung der elektrischen Entladung beruht darauf, dass in der Luft Salpetersäure gebildet wird, welche die reagierende Wirkung hervorrief, wodurch am positiven Draht der rote Fleck von ausgeschiedener Säure, am negativen Draht ein brauner Fleck von ausgeschiedenem Natron entsteht.

4). Legt man, siehe Figur 232, quer über einen Glasstab ein mit Glaubersalz (Kalilösung) getränktes, beiderseits zugespitztes Stückchen Papier, welches wiederum zur Hälfte mittels Lackmustinktur blau, zur andern Hälfte mittels Curcumapapier gelb gefärbt ist so, dass

Figur 232.

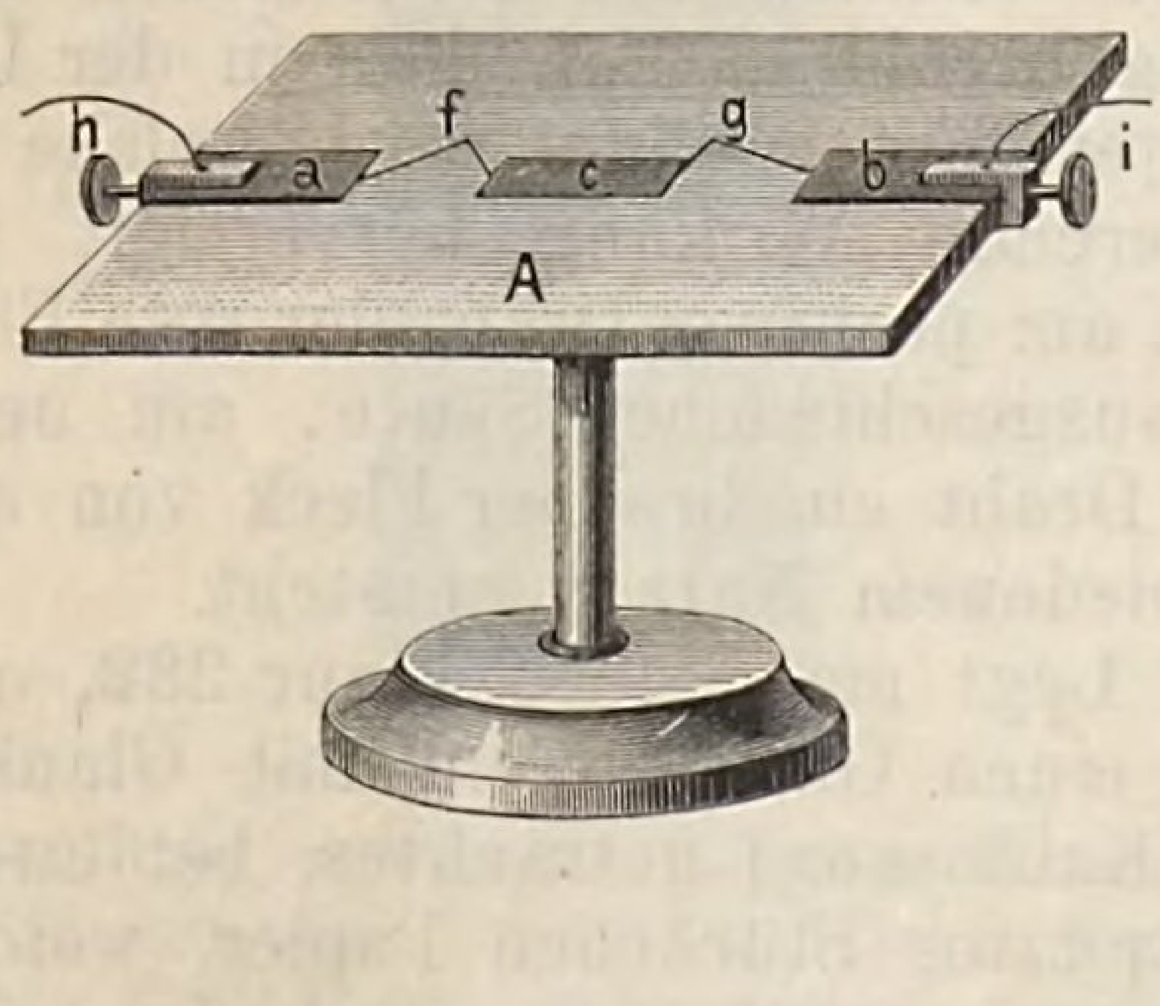


Erkl. 706. *Buff*, welcher bei der Wasserzersetzung durch den elektrischen Entladungsschlag den einen Leitungsdraht mit dem Konktor, den andern mit dem Reibzeug einer Elektrisiermaschine in leitende Verbindung brachte, erhielt in einem Zeitraum von drei Stunden, während welcher Zeit die Maschine ständig in Drehung versetzt wurde, 42,5 cmm Wasserstoffgas und 14,5 cmm Sauerstoffgas.

Erkl. 707. Bringt man bei dem unter 2). erwähnten Experiment den Draht, an welchem sich Kupfer ablagert, umgekehrt mit dem Konduktor in leitende Verbindung, so wird das an demselben bereits abgelagerte Kupfer wieder aufgelöst. Hieraus ergibt sich, dass an dem Draht, an welchem der Strom in die Flüssigkeit eintritt, die Säure frei wird, während sich an dem andern Draht das Metall ablagert.

Erkl. 708. Das nebenstehend unter 4). erwähnte Experiment ist dasselbe als das unter 3). erwähnte Experiment, nur in etwas andrer Form, welche ihm durch *Faraday* gegeben wurde.

Figur 233.



den beiden Spitzen dieses Papierstückchens, wie die Figur 232 zeigt, zwei Platinspitzen gegenüberstehen, von welchen die dem blauen Papierende zugekehrte Spitze mit dem positiven Konduktor einer Elektrisiermaschine, die dem gelben Papierende zugekehrte Spitze mit dem Erdboden in leitender Verbindung steht, und man setzt die Maschine in Thätigkeit, so nimmt wie in dem unter 3). erwähnten Versuche die blaue Papierspitze rote, die gelbe Papierspitze aber braune Färbung an (siehe Erkl. 708).

5). Klebt man nach *Faraday* auf eine Spiegelplatte A, siehe Figur 233, zwei Stanniolstreifchen a und b, und legt in die Mitte zwischen beide ein mittels einer Salzlösung getränktes Papierchen c, bringt die Stanniolstreifen und das Papier c mit zwei feinen und etwas gebogenen Platindrähten f und g in Verbindung, so dass die Drähte, wie die Figur 233 zeigt, auf dem Papier c mit ihren Spitzen aufsitzen, und verbindet schliesslich die eine Stanniolbelegung mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, die andre mit dem Reibzeug der Maschine oder leitet letztere nach der Erde ab, so erhält man, wenn das Papier mit Jodkalium und Kleister getränkt war und durch die Drähte mehrere Entladungsschläge gegangen sind, an dem positiven Draht einen dunklen Fleck von ausgeschiedenem Jod. Macht man den positiven Draht zum negativen, so verschwindet bei einem weiter stattfindenden Entladungsschlag der Fleck wieder.

6). Schliesst man Kupfer- oder Eisendrähte in den Schliessungsbogen einer Batterie ein und lässt durch dieselben einen Entladungsschlag gehen, dass sie glühend werden, so nehmen sie Sauerstoff aus der Luft auf und oxydieren, was man an der blauen, gelben oder roten Färbung der Drähte nachweisen kann.

7). Lässt man von einer Spitze auf eine polierte Metallfläche mehrere elektrische Funken überspringen, so erhält man die schon erwähnten Farbenringe, welche ebenfalls auf eine Oxydation des Metalls zurückzuführen sind.

Erkl. 709. Durch den elektrischen Entladungsschlag können Gase zur Verbindung gebracht werden.

Die in einem nicht entzündlichen Gasgemenge, z. B. die in einem Gemenge von 5 Vol. Sauerstoff und 2 Vol. Stickstoff vorhandenen Gase, durch deren Verbindung Salpetersäure entsteht, können erst durch mehrere Entladungsschläge zur vollständigen Verbindung gebracht werden.

In entzündlichen Gasgemengen, wie z. B. in Gemengen von:

2 Vol.	Wasserstoff	und 1 Vol.	Sauerstoff,	
2 „	Kohlenoxyd	„ 1 „	„	
1 „	Grubengas	„ 2 „	„	
4 „	Salzsäure	„ 1 „	„	
1 „	Wasserstoff	„ 1 „	Chlor,	

können die darin enthaltenen Gase, durch deren Verbindungen bezw. 2 Vol. Wasserdampf, 2 Vol. Kohlensäure, 2 Vol. Wasserdampf und Kohlensäure, 2 Vol. Wasserdampf und 2 Vol. Chlor, 2 Vol. Salzsäuregas entstehen, durch einen einzigen Entladungsschlag zur Verbindung gebracht werden.

Erkl. 710. Nach *Schönbein* entsteht Ozon dadurch, wenn feuchter Phosphor mit der Luft in Berührung kommt.

Der phosphorähnliche Geruch, welchen man in der Nähe des Konduktors von kräftig wirkenden Elektrisiermaschinen wahrnimmt, rührt von der Bildung des Ozons her.

Erkl. 711. Das Ozon macht sich durch seinen Geruch schon bemerkbar, wenn man einzelne Funken aus dem Konduktor einer Elektrisiermaschine zieht. Das Ozon bildet sich besonders bei der Ausgleichung stark gespannter Elektricitäten ohne elektrischem Funken. Findet eine Büschelentladung statt, so wird das Ozon in sehr reichem Masse erzeugt.

Erkl. 712. Ozon ist nach der Ansicht der Chemiker eine polymere Modifikation des Sauerstoffs.

Das Ozon zeichnet sich durch seinen eigentümlichen phosphorähnlichen Geruch aus und wirkt energisch oxydierend.

Erkl. 713. Die Gegenwart von Ozon kann man dadurch nachweisen, dass man die das Ozon enthaltende Luft auf Papierstreifen wirken lässt, welche mit einer Mischung von Stärkekleister und Jodkalium bestrichen sind. Das durch die chemische Einwirkung des Ozons frei werdende Jod färbt den Kleister intensiv blau.

8). Lässt man durch Zinnober, welches in einer Glasröhre festgestampft ist, einen Entladungsschlag gehen, so scheidet sich das Quecksilber in Form von Kügelchen aus.

9). Lässt man einen Entladungsschlag durch ein Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff, oder von Chlor und Wasserstoff gehen, so findet im Moment des Entladungsschlags eine Vereinigung der Gase statt und man erhält im 1. Falle Knallgas, im 2. Falle Chloroxydgas. Da diese Gase sehr leicht entzündlich sind, so werden dieselben durch den elektrischen Funken entzündet und die erwähnte Vereinigung beider Gase findet unter einer heftigen Detonation statt [siehe die in Antwort der Frage 218 erwähnten Experimente 14). bis 16). und die Erkl. 709].

10). Lässt man den Entladungsschlag durch ein Gemenge von Sauerstoff, Stickstoff (atmosphärische Luft) und Wasserstoff gehen, so wird hierdurch salpetersaures Ammon gebildet.

11). Lässt man durch Ammoniakgas eine Anzahl elektrischer Entladungen gehen, so wird dasselbe in seine Bestandteile, nämlich in 3 Vol. Wasserstoff und 1 Vol. Stickstoff zerlegt.

12). Lässt man durch Sauerstoff oder durch atmosphärische Luft mehrere elektrische Entladungen gehen, so wird ein Teil des Sauerstoffs in Ozon verwandelt.

Das Ozon, das bei jeder stattfindenden Elektrisierung mehr oder weniger in der Luft auftritt und das man besonders in der Nähe einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine durch seinen phosphorähnlichen Geruch (siehe Erkl. 710) wahrnimmt, ist nach vielfach angestellten Versuchen nichts anderes als ein Produkt der chemischen Wirkung der von der Maschine ausströmenden Elektricität auf den Sauerstoff der umgebenden Luft, indem von Seiten der Chemiker angenommen wird, dass der gewöhnliche Sauerstoff O_2, welcher aus zwei Atome besteht, gespalten wird und dass sich dann die einzelnen Bestandteile mit unzersetzten Sauerstoffmolekülen verbinden und somit das Ozon,

eine Zusammensetzung von drei Atomen Sauerstoff, O_3, bilden (siehe die Erkl. 710—713).

g). Ueber die magnetischen Wirkungen elektrischer Entladungen.

Frage 225. Was versteht man unter den magnetischen Wirkungen elektrischer Entladungen und durch welche Experimente kann man dieselben zeigen?

Erkl. 714. Weitere Experimente über die magnetischen Wirkungen elektrischer Entladungen findet man in Kleyers Lehrbuch des Elektromagnetismus und der Induktionselektricität.

Erkl. 715. Das nebenstehend unter 1). erwähnte Experiment kann man auch machen, wenn man um eine Glasröhre einen Draht spiralförmig wickelt, in die Glasröhre ein weiches Eisen- oder Stahlstäbchen legt und dann durch den Draht einen Entladungsschlag gehen lässt.

Erkl. 716. Dass die Nadel, welche bei dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment benutzt wurde, magnetisch ist, kann man dadurch nachweisen, dass wenn man sie an einem feinen Seidefaden aufhängt und schwingen lässt, sie sich stets in den magnetischen Meridian des Orts stellen wird.

Erkl. 717. Bei dem nebenstehend unter 1). erwähnten Experiment wird man die Wahrnehmung machen, dass bei gleicher Ladung der Flasche die Pole des durch den Entladungsschlag erhaltenen Magnets scheinbar willkürlich wechseln, dass nämlich bald das eine Ende der Stahlnadel, bald das andre Ende derselben zum Nordpol wird. Dieses verschiedene Verhalten kann man sich dadurch erklären, dass der Entladungsschlag selbst aus einer grossen Anzahl abwechselnder Partialentladungen besteht und dass die Anordnung der magnetischen Pole durch die letzten dieser Partialentladungen bestimmt wird.

Ausführliches hierüber findet man in Kleyers Lehrbuch des Elektromagnetismus und im II. Teil dieses Buches.

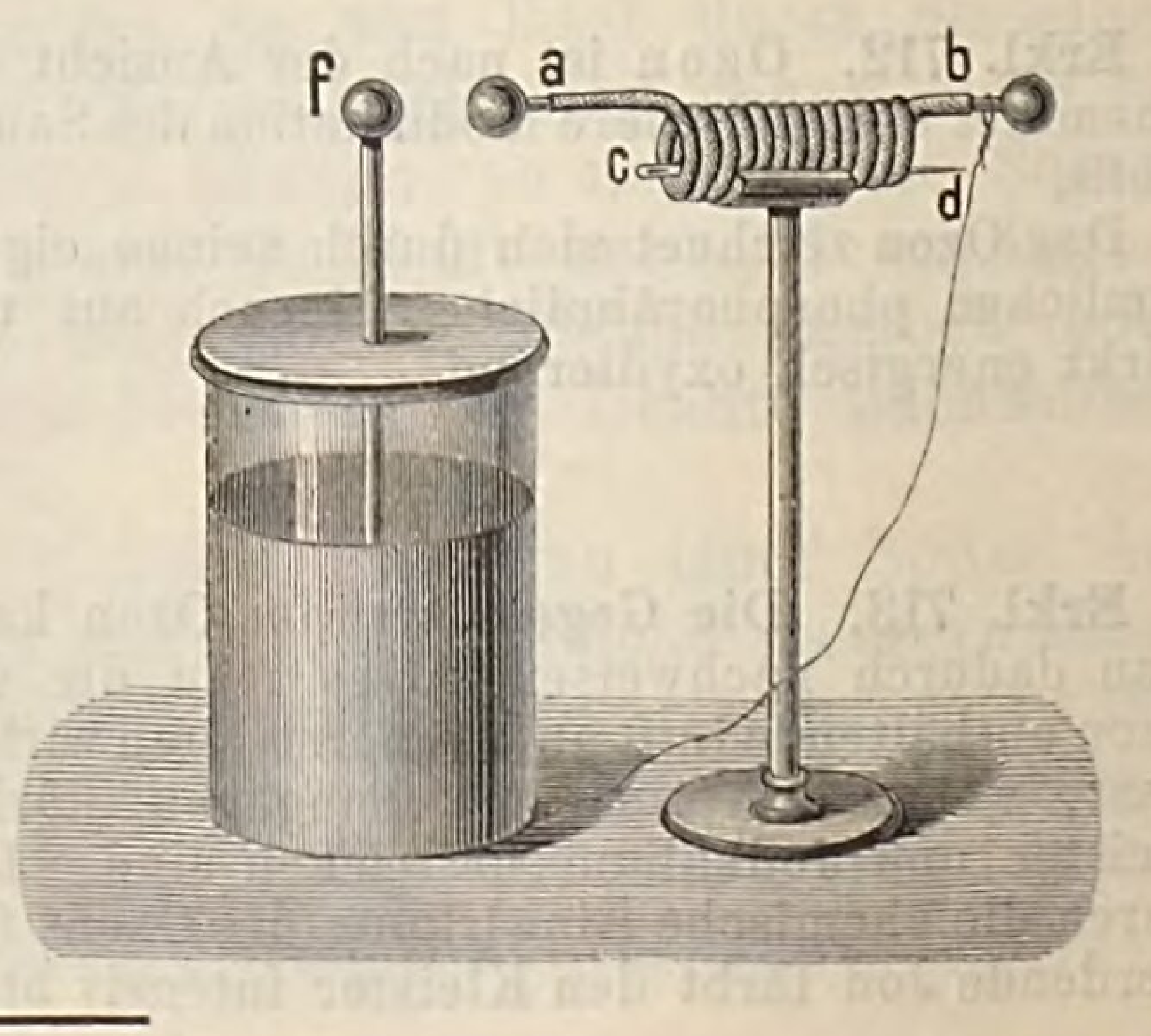
Erkl. 718. Die Thatsache, dass durch die Einwirkung des Blitzes eiserne Gerätschaften magnetisch werden, ist ebenfalls ein Beweis der magnetischen Wirkungen elektrischer Entladungen.

Antwort. Unter den magnetischen Wirkungen elektrischer Entladungen versteht man im allgemeinen die Wirkungen, durch welche ausserhalb des Stromkreises (Schliessungsbogens) und in der Nähe desselben befindliche weiche Eisen- und Stahlstäbe magnetisch werden und die Eigenschaften von Magneten zeigen. Dies kann man unter anderm mittels folgender Experimente darthun (siehe Erkl. 714):

1). Legt man, siehe Figur 234, in den spiralförmig gewundenen Draht *ab*, dessen einzelne Windungen von einander isoliert sind und der mit der äusseren Belegung einer Verstärkungsflasche in leitender Verbindung steht, die Stahlnadel *cd* und lässt zwischen den Kugeln *a* und *f* einen Entladungsschlag übergehen, so zeigt sich diese Stahlnadel nach der Entladung der Verstärkungsflasche permanent magnetisch (siehe die Erkl. 715—717).

2). Findet in der Nähe einer Magnetnadel ein Entladungsschlag statt, so wird die Nadel nach der einen oder der andern Seite abgelenkt (siehe Erkl. 718).

Figur 234.



h). Ueber die elektrischen Wirkungen elektrischer Entladungen.

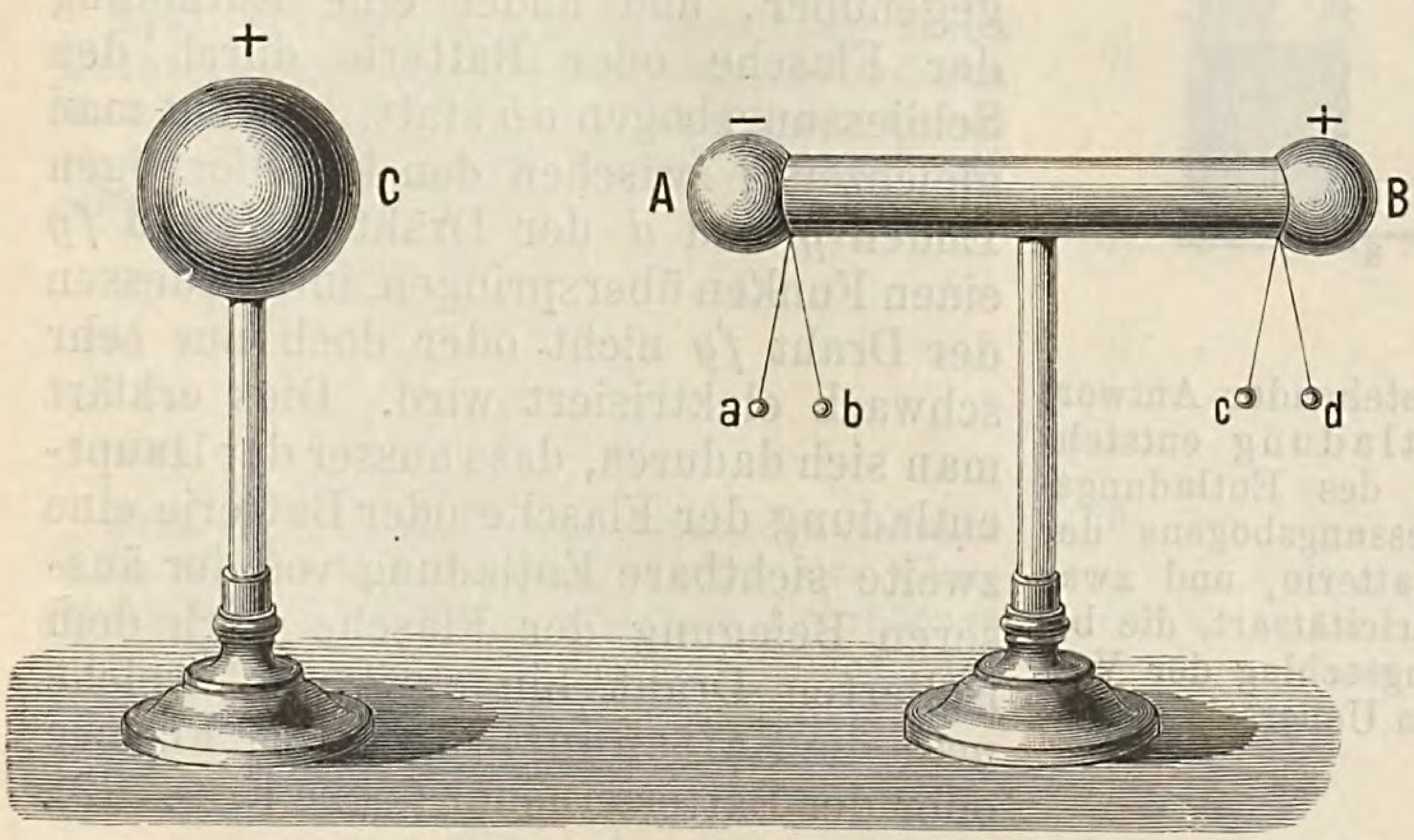
Frage 226. Was versteht man unter den elektrischen Wirkungen elektrischer Entladungen und welche besonderen Erscheinungen gehören hierzu?

Antwort. Unter den elektrischen Wirkungen elektrischer Entladungen versteht man im allgemeinen die Wirkungen, durch welche in, ausserhalb des Stromkreises (Schliessungsbogens) und in der Nähe befindlichen guten Leitern elektrische Ströme hervorgerufen (induziert) werden. Zu den elektrischen Wirkungen elektrischer Entladungen gehört unter anderm der sogen. elektrische Rückschlag, die Seitenentladung einer Batterie und die Hervorrufung von sogen. Nebenströmen (Induktionsströmen) in geschlossenen Leitern.

Frage 227. Was versteht man unter dem sog. elektrischen Rückschlag?

Antwort. Wird ein guter Leiter mit dem Erdboden leitend verbunden und in die Nähe eines elektrisierten Körpers, z. B. in die Nähe des Konduktors einer Elektrisiermaschine gestellt, so wirkt der Konduktor auf jenen Leiter influenzierend und letzterer wird mit der Influenzelektricität der 1ten Art geladen (siehe Antw. der Fragen 72 bis 81). Wird ferner hierauf der Konduktor durch Ausziehen von Funken entladen, so wird gleichzeitig die seither gebundene Influenzelektricität der 1ten Art auf jenem Leiter frei, sie strömt in den Erdboden, und auch dieser Leiter wird plötzlich entladen. Diese plötzliche indirekte Entladung des mit gebundener Elektricität geladen gewesenen Leiters, bezw. das Zurückströmen der in dem Leiter gebunden gewesenen Influenzelektricität der 1ten Art in die Erde, nennt man den elektrischen Rückschlag.

Figur 235.



Erkl. 719. Lord *Mahon*, auch unter dem Namen Graf *Stanhope* bekannt, beobachtete den elektrischen Rückschlag zuerst.

Erkl. 720. Den elektrischen Rückschlag kann man mittels dem durch die Figur 235 dargestellten Apparat und nach dem in Antwort der Frage 73 erwähnten Experiment 2). beobachten. Sobald nämlich der Konduktor *C* geladen und der in der Nähe befindliche Konduktor *AB* mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt ist, divergieren

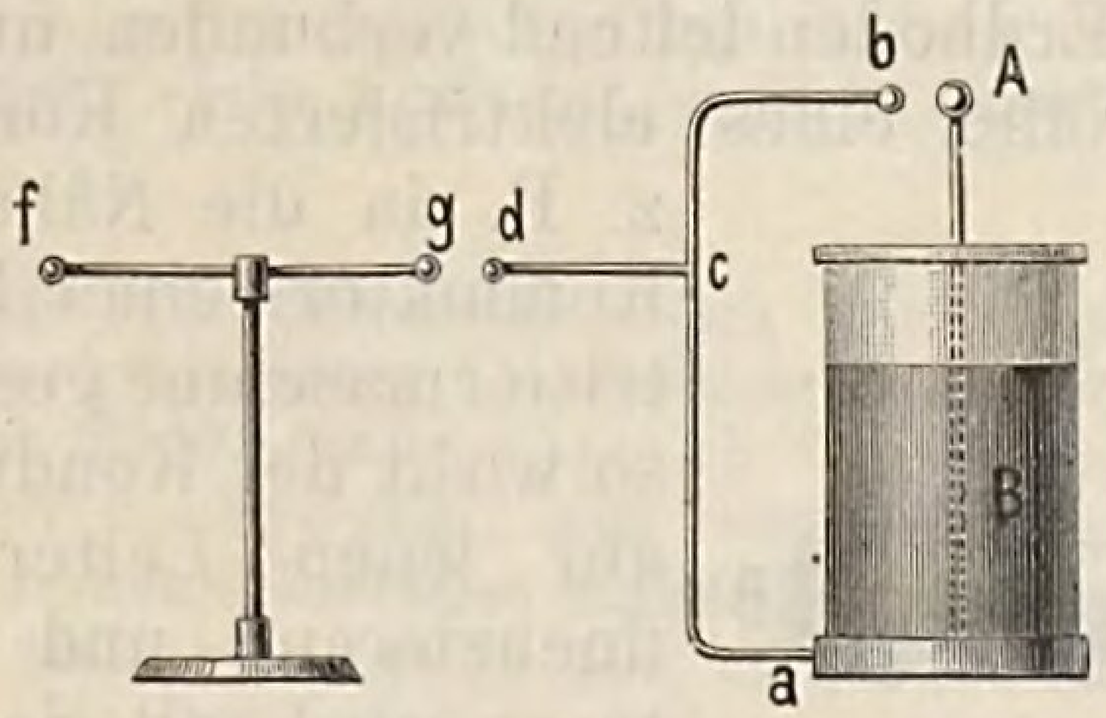
nur die Pendel *a* und *b*, während die Pendel *c* und *d* zusammenfallen; wird aber der Konduktor *C* durch Ausziehen eines Funkens, wenn auch nur teilweise entladen, so fallen die Pendel *a* und *b* sofort ebenfalls zusammen.

Erkl. 721. *Galvani*, welcher in die Nähe des Konduktors einer Elektrisiermaschine Froschschenkel aufgehängt hatte, und die infolge der influenzierenden Wirkung des Konduktors mit Influenzelektricität der 1ten Art geladen waren, beobachtete bei der Entladung des Konduktors ein Zucken jener Froschschenkel, was nichts andres als der elektrische Rückschlag war (siehe Erkl. 720). Der von *Galvani* an den Froschschenkeln beobachtete elektrische Rückschlag führte zu einem neuen Zweig der elektrischen Wissenschaften, zu dem sog. Galvanismus (siehe Kleyers Lehrb. des Galvanismus).

Frage 228. Was versteht man unter der sogen. Seitenentladung einer elektrischen Batterie?

Antwort. Stellt, siehe Figur 236, *ab* den Schliessungsbogen (nach *Riess* Stamm oder Stammdraht genannt) einer Verstärkungsflasche oder Batterie dar, ist an demselben seitlich der Metalldraht *cd* (Ast genannt) angebracht und steht dieser Draht *cd* dem isolierten Draht *fg* (Seitendraht genannt), wie die Figur zeigt, gegenüber, und findet eine Entladung der Flasche oder Batterie durch den Schliessungsbogen *ab* statt, so sieht man gleichzeitig zwischen den kugelförmigen Enden *g* und *d* der Drähte *cd* und *fg* einen Funken überspringen, infolgedessen der Draht *fg* nicht oder doch nur sehr schwach elektrisiert wird. Dies erklärt man sich dadurch, dass ausser der Hauptentladung der Flasche oder Batterie eine zweite sichtbare Entladung von der äusseren Belegung der Flasche nach dem isolierten Draht hin stattfand, welche man die Seitenentladung der Flasche oder der Batterie nennt (siehe Erkl. 722).

Figur 236.

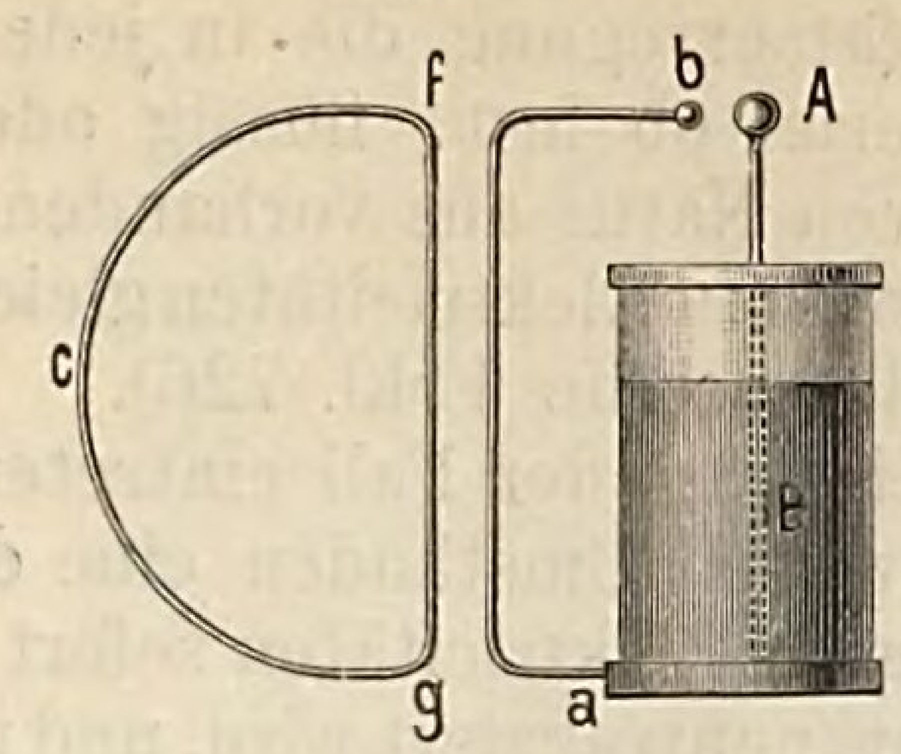


Erkl. 722. Die in nebenstehender Antwort erwähnte sogen. Seitenentladung entsteht durch Influenz des infolge des Entladungsschlags elektrisierten Schliessungsbogens der Verstärkungsflasche oder Batterie, und zwar von Seiten derjenigen Elektricitätsart, die bei dem stattfindenden Entladungsschlag der Verstärkungsflasche (Batterie) im Ueberschuss vorhanden ist.

Frage 229. Was versteht man unter dem sogen. Nebenstrom?

Antwort. Stellt man, siehe Figur 237, in die Nähe des Schliessungsbogens einer elektrischen Batterie einen in sich selbst zurücklaufenden Draht isoliert so auf, dass er von dem Schliessungsbogen durch die Luft oder einen festen Isolator getrennt ist, und man lässt durch den Schliessungsbogen einen Entladungsschlag gehen, so kann man in jenem geschlossenen Draht eine Elektricitäts-

Figur 237.



bewegung wahrnehmen, deren Richtung von der Richtung des Entladungsstroms abhängig ist. Diesen in dem Draht erzeugten Strom nennt man **Nebenstrom**, während der durch den Entladungsschlag im Schliessungsbogen erzeugte Strom der **Hauptstrom** genannt wird.

Erkl. 723. Ausführliches über die Nebenströme (Induktionsströme) findet man in Kleyers Lehrbuch der Induktionselektricität.

18). Ueber die verschiedenen Arten der Elektricitätserregung.

Frage 230. Welches sind die bis jetzt bekanntesten Arten der Elektricitätserregung?

Antwort. Die bis jetz bekanntesten Arten der Elektricitätserregung sind, wie teilweis schon früher erwähnt:

1). die Elektricitätserregung durch **Reibung**
2). „ „ durch **Mitteilung oder Influenz** (siehe Erkl. 724);
3). „ „ durch andre mechanische Mittel, als durch **Trennung u. Druck** (siehe Antwort der Frage 232);
4). „ „ durch **Verbrennung** (s. Antw. der Frage 233);
5). „ „ durch **Temperaturveränderungen von Kristallen** (s. Antw. der Frage 234 und die Erkl. 732);
6). „ „ durch **chemische Prozesse**
7). „ „ durch **Berührung heterogener Metalle**
8). „ „ an **Apparaten durch Induktion**
9). „ „ durch **Temperaturveränderungen von Metallen**
10). „ „ in dem **tierischen Organismus**
11). „ „ in der **Atmosphäre** (siehe die Erkl. 725 und 732).

Erkl. 724. Die Elektricitätserregung durch **Reibung**, sowie die Elektricitätserregung durch **Mitteilung oder Influenz** sind in den vorangegangenen Kapiteln in diesem Lehrbuch abgehandelt.

Erkl. 725. Die in nebenstehender Antwort unter 6). bis 11). erwähnten Arten der Elektricitätserregung sind in Kleyers Lehrbücher über Galvanismus, Elektromagnetismus, Induktionselektricität, Thermoelektricität, die tierische und atmosphärische Elektricität etc. behandelt.

Frage 231. Welchen allgemeinen Satz kann man in bezug auf die Elektricitätserregung aufstellen?

Antwort. In bezug auf jede Elektricitätserregung kann man den allge-

meinen Satz aufstellen, dass bei jeder Elektricitätserregung die in jedem Körper, einerlei ob fest, flüssig oder gasförmig, von Natur aus vorhandenen entgegengesetzten Elektricitäten gleichzeitig frei werden (siehe Erkl. 726).

Hierbei kann der Fall eintreten, dass unter gewissen Umständen eine der beiden erregten Elektricitäten sofort wieder abgeleitet, neutralisiert wird, und infolgedessen der Nachweisung ihres Bestehens, welche stets eine gewisse Zeit beansprucht, entgeht (siehe Erkl. 727), oder auch, dass sich die beiden erregten entgegengesetzten Elektricitäten sofort wieder neutralisieren, sobald die dieselben trennende Kraft aufhört zu wirken (wie z. B. bei der Elektricitätserregung durch Influenz) und der Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten kein Hindernis entgegengesetzt wird.

Erkl. 726. Den in nebenstehender Antwort aufgestellten Satz hat zuerst *Wilcke* im Jahr 1758 ausgesprochen.

Erkl. 727. *Riess* erwähnt drei Fälle, bei welchen scheinbar der nebenstehend aufgestellte Satz nicht zutrifft, nämlich:

1). Als *Bergmann* die Kiele von zwei rohen, nicht geschälten Gänsefedern aneinander rieb, fand er beide + elektrisch. Dieser Versuch gelang jedoch nicht immer.

2). Als *Lichtenberg* eine Siegellackstange zerbrach (siehe Antwort der Frage 232), fand er beide Bruchstellen — elektrisch.

3). Als *Faraday* zwei Flanellstreifen quer übereinander legte und sie rieb, zeigten sich manchmal beide Streifen — elektrisch.

Frage 232. Mittels welcher Experimente kann man nachweisen, dass durch Trennung oder Druck Elektricität erregt wird?

Antwort. Dass durch die mechanischen Wirkungen, als Trennung und Druck, Elektricität erregt wird, kann man unter anderm durch folgende Experimente nachweisen:

1). Schabt man mittels eines scharfen Messers auf den Teller eines sehr empfindlichen Elektroskops Siegellack, Harz oder Schwefel, so zeigt die Divergenz der Goldblättchen an, dass die abgeschabten Teilchen elektrisch sind.

2). Schabt oder feilt man nach *Volta* auf einen isolierten Metallteller Harz, Wachs, Schwefel, Talg, Schokolade, so kann der Metallteller hierdurch so elektrisiert werden, dass man Funken aus demselben ziehen kann.

Dieselbe Erscheinung findet auch statt, wenn man auf den Metallteller Steinarten, wie Marmor und Ziegelsteine, oder wenn man Mörtel, Zucker, Brodrinde, getrocknetes Holz etc. schabt.

3). Schabt man Eis auf einen Metallteller und die Luft beträgt einige Grad unter Null, so zeigt der Teller ebenfalls starke Elektricität.

4). Schabt man Kohle auf einen Metallteller, so zeigt auch dieser, obgleich

derselbe ein guter Leiter ist, schwache Elektricität.

5). Schabt man nach *Wilson* trockenes Buchenholz mittels einer Glasscherbe, so findet man das Abgeschabte positiv elektrisch; schneidet man harzige Spähnchen von demselben ab, so findet man die Spähnchen negativ elektrisch.

6). Zerschneidet man nach *Cantor* einen trockenen Kork mit einem scharfen Messer, so beobachtet man an dem Kork Elektricität.

7). Spaltet man nach *Nicholson* ein Glimmerblatt (Fraueneis oder Kalkspat) in der Richtung der Blätterdurchgänge, so kann man an den getrennten Flächen die entgegengesetzten Elektricitäten wahrnehmen.

8). Zerbricht man Siegellack, Harz, Schokolade, so zeigt sich ebenfalls, wie schon in der Erkl. 727 erwähnt, eine gewisse Elektricitätserregung.

9). Schmilzt man nach *Gray* Schwefel oder andre Harze und nimmt die erkaltete Masse aus dem Schmelztiegel, so zeigt sich derselbe ebenfalls elektrisch. Dies beruht ebenfalls auf der Trennung der Teile durch das Schmelzen.

10). Legt man nach *Libes* und *Biot* neuen klebenden Wachstaft in mehrere Lagen zusammen und drückt mit einer isolierten Metallscheibe dagegen, so zeigt sich der Taft positiv, die Scheibe negativ elektrisch (siehe Erkl. 728).

11). Drückt man nach *Hauy* gut isolierende Kristalle, z. B. isländischen Doppelspat, Topas, Flussspat, Talk, Glimmer, Arragonit, Bergkristall, Schwer- oder Gipsspat etc. zwischen den Fingern oder zwischen zwei weichen Körpern, so werden dieselben elektrisch, als ob sie gerieben worden wären (siehe Erkl. 729).

12). Drückt man nach *Becquerel* einen Kork gegen eine Orangenschale, so wird derselbe negativ elektrisch; drückt man ihn gegen Kautschuk, so wird er positiv elektrisch.

13). Durchschneidet man ein Stück Kork und drückt die erhaltenen Stücke mit ihren Schnittflächen gegeneinander, so werden sie entgegengesetzt elektrisch; erwärmt man das eine jener Stücke und

Erkl. 728. Die Elektricität, welche auf einem harzigen Körper durch Druck erregt wird, ist derjenigen entgegengesetzt, welche auf dem betreffenden harzigen Körper durch Reiben erregt wird.

Reibt man z. B. die zum Experiment 10). benutzte Metallscheibe leicht an zusammengelegtem frischem Wachstaft, so wird die Scheibe positiv und der Wachstaft negativ elektrisch.

Erkl. 729. Der isländische Doppelspat hat die Eigentümlichkeit, dass er die auf ihm durch Druck erregte Elektricität [siehe nebenstehendes Experiment 11).] mehrere Monate lang bewahrt.

drückt es gegen das andre, so wird das erwärmte Stück negativ elektrisch.

14). Zerreisst man warmes Papier oder Pappe im Dunkeln, so sieht man oft einen Lichtstreifen, der von der Wiedervereinigung der erregten entgegengesetzten Elektricitäten herrührt.

Frage 233. Mittels welcher Experimente kann man nachweisen, dass durch Verbrennung Elektricität erregt wird?

Antwort. Dass durch Verbrennung Elektricität erregt wird, kann man unter anderm nach *Volta* und *Pouillet* mittels folgender Experimente nachweisen:

1). Setzt man auf eine isolierte, mit einem Kondensator verbundene Metallplatte mehrere breite Kohlencylinder und zündet dieselben an ihrer oberen Fläche an, so wird man nach einiger Zeit die Wahrnehmung machen können, dass sich der Kondensator mit negativer Elektricität geladen hat. Bringt man ferner in einiger Höhe über den Kohlen eine Metallplatte an, welche in leitender Verbindung mit dem Kondensator steht, so wird diese Platte positive Elektricität zeigen.

2). Setzt man auf einen Metallteller, der mit einem empfindlichen Elektroskop in leitender Verbindung steht, ein Kohlenkerzchen und zündet dasselbe an, so zeigt sofort das Elektroskop an, dass das Kerzchen elektrisch und zwar — elektrisch ist; der durch den Verbrennungsprozess erzeugte Dampf zeigt sich + elektrisch (siehe Erkl. 730).

Erkl. 730. Nach *Pouillet* ist die Elektricitätserregung durch Verbrennung die Folge einer chemischen Verbindung.

Frage 234. Mittels welchen Experiments kann man nachweisen, dass durch Erwärmung, bezw. durch Temperaturveränderung von Kristallen Elektricität erregt wird?

Antwort. Dass durch Erwärmung, bezw. durch Temperaturveränderung von Kristallen Elektricität erregt wird, kann man unter anderm mittels folgenden Experiments zeigen:

Erwärmt man ein Turmalinkristall innerhalb gewisser Grenzen, so zeigt sich das eine Ende positiv, das andre Ende negativ elektrisch, jedoch nur so lang, als die Temperatur steigt. Hört man mit der Erwärmung auf, so verschwinden die erregten entgegengesetzten Elektricitäten, jedoch nur auf kurze Zeit und erscheinen wieder, aber in umgekehrter Anordnung, sobald sich der Kristall abzukühlen beginnt (s. die Erkl. 731 u. 732).

Erkl. 731. Nach dem in nebenstehender Antwort erwähnten Experiment kann man auch auf andern Kristallen, z. B. auf Borazit, Bergkristall, Schwerspat, Topas, Zucker etc. Elektricität erregen.

Erkl. 732. Die Elektricität, welche durch Temperaturveränderungen von Kristallen hervorgerufen wird, heisst Pyroelektricität.

Die Elektricität, welche in einem geschlossenen System metallischer Leiter durch Temperaturveränderungen hervorgerufen wird, heisst Thermoelektricität.

Ausführliches über diese Arten der Elektricitätserregung findet man in Kleyers Lehrbüchern der Pyro- und der Thermoelektricität.

II. Teil.

(Mathematischer Teil.)

Ueber die elektrischen Messungen.

1). Ueber die Messung der Stärke des elektrischen Zustands von Körpern im allgemeinen.

(Fundamentalgesetz der elektrischen Abstossung und Anziehung.)

Frage 235. Wann sagt man, ein Körper befindet sich im elektrischen Zustand?

Antwort. Man sagt: ein Körper befindet sich im elektrischen Zustand, wenn auf ihm eine gewisse Elektricitätsmenge (siehe folgende Antwort) entwickelt ist.

Frage 236. Was versteht man unter Elektricitätsmenge?

Antwort. Um sich eine Vorstellung von dem Begriff Elektricitätsmenge zu machen, muss man sich die auf einem Körper vorhandene Elektricität als ein Agens (d. i. eine wirkende Ursache oder eine Kraft, die in der Materie ihren Sitz hat) von realer Existenz, welche aus unendlich kleinen beweglichen Teilen besteht, vorstellen, und auf jenem Körper eine gewisse Menge dieses Agens vorhanden denken, dabei allerdings von der zur Zeit noch unbekannten Natur der Elektricität vollkommen absehen.

Frage 237. Was versteht man unter der Stärke des elektrischen Zustands eines Körpers und wovon ist dieselbe im allgemeinen abhängig?

Antwort. Die anziehende oder abstossende Wirkung, welche ein im elektrischen Zustand befindlicher Körper A auf einen andern elektrisierten Körper B ausübt, nennt man im allgemeinen die Stärke des elektrischen Zustands jenes Körpers A in bezug auf den Körper B, indem je nach der grösseren oder geringeren Elektricitätsmenge, welche auf jenem im elektrischen Zustand befindlichen Körper A entwickelt ist (siehe die vorigen Antworten), und je nach der grösseren oder geringeren Entfernung beider Körper A und B die anziehende oder abstossende Wirkung des Körpers A auf den Körper B eine

Erkl. 733. Nach nebenstehender Antwort haben zwei Körper gleich starke elektrische Zustände, wenn sie in allen ihren Teilen von gleicher Beschaffenheit und wenn auf denselben gleiche Elektricitätsmengen entwickelt sind.

mehr oder weniger starke ist (siehe Antwort der folgenden Frage).

Die Stärke des elektrischen Zustands eines Körpers ist also unter sonst gleichbleibenden Umständen abhängig von der auf ihm entwickelten Elektricitätsmenge (siehe Erkl. 733).

Frage 238. Welche Gesetze bestehen in bezug auf die abstossenden oder anziehenden Wirkungen zweier Elektricitätsmengen aufeinander?

Antwort. In bezug auf die abstossenden oder anziehenden Wirkungen zweier Elektricitätsmengen aufeinander bestehen folgende Gesetze:

1). Die Stärken (Intensitäten) der Abstossungen zweier gleichnamiger Elektricitätsmengen (bezw. der Anziehungen zweier ungleichnamiger Elektricitätsmengen) sind unter sonst gleichbleibenden Umständen umgekehrt proportional den Quadraten ihrer Entfernungen;

2). Die Stärken (Intensitäten) der Abstossungen zweier gleichnamiger Elektricitätsmengen (bezw. der Anziehungen zweier ungleichnamiger Elektricitätsmengen) sind unter sonst gleichbleibenden Umständen direkt proportional den Produkten der aufeinanderwirkenden Elektricitätsmengen.

(Siehe die Erkl. 734—736.)

Erkl. 734. Die in nebenstehender Antwort aufgestellten Gesetze zusammengefasst lauten: Die Stärken (Intensitäten) der Abstossungen oder Anziehungen aufeinanderwirkender Elektricitätsmengen sind direkt proportional den Produkten der jedesmal aufeinanderwirkenden Elektricitätsmengen und umgekehrt proportional den Quadraten ihrer Entfernungen.

Die nebenstehend erwähnten Gesetze, in vorstehender Form zusammengefasst, heissen in dieser Form „Das Fundamentalgesetz der elektrischen Abstossungen und Anziehungen."

Erkl. 735. Das in der Erkl. 734 aufgestellte Fundamentalgesetz der elektrischen Abstossungen und Anziehungen entspricht dem Gesetz der Fernewirkung zweier gleichnamiger oder ungleichnamiger Magnetismen aufeinander und wurde wie letzteres von *Coulomb* zuerst aufgestellt. (Siehe Kleyers Lehrbücher des Magnetismus und des Elektromagnetismus.)

Erkl. 736. Wirken zwei Elektricitätsmengen, die je gleich irgend einer zu wählenden Einheit sind, einmal aus der Entfernung 1, ein andermal aus der Entfernung e aufeinander und bezeichnet man die Stärke der Abstossung im ersten Fall mit 1 (siehe Erkl. 781), im zweiten Fall mit π, so besteht nach dem in nebenstehender Antwort erwähnten Gesetz 1). die Relation:

a). . . . $\pi : 1 = 1^2 : e^2$

Wirken ferner einmal zwei Elektricitätsmengen, von welchen jede gleich jener gedachten Einheit ist, aus der Entfernung e aufeinander und wirken ein andermal zwei Elektricitätsmengen, von welchen die eine $= m$, die andre $= m_1$ ist, ebenfalls aus der Entfernung e aufeinander und bezeichnet man die Stärke der Abstossung im ersten Fall wie vorhin mit π, die Abstossung im zweiten Fall mit p, so besteht nach dem nebenstehend aufgestellten Gesetz 2). die Relation.

b). . . . $p : \pi = m \cdot m_1 : 1 \cdot 1$

Aus den Proportionen a). und b). erhält man durch Multiplikation:

$$\frac{\pi \cdot p}{1 \cdot \pi} = \frac{1^2 \cdot m \cdot m_1}{e^2 \cdot 1 \cdot 1}$$

oder:

$$1). \quad . \quad . \quad . \quad p = \frac{m \cdot m_1}{e^2}$$

Für die Anziehung $-p$ zweier ungleichnamiger Elektricitätsmengen m und m_1, welche aus der Entfernung e aufeinanderwirken, erhält man dementsprechend:

$$-p = \frac{m \cdot m_1}{e^2}$$

oder:

$$2). \quad . \quad . \quad . \quad p = -\frac{m \cdot m_1}{e^2}$$

Frage 239. Nach welchen Methoden bewies *Coulomb* die von ihm aufgestellten und in voriger Antwort angeführten Gesetze der elektrischen Abstossungen und Anziehungen?

Erkl. 737. Zur vergleichenden relativen, sowie zur absoluten Messung von Kraftwirkungen verfährt man in der Mechanik im allgemeinen nach zwei Methoden, nämlich nach der sogen. Torsionsmethode, welche darin besteht, dass man die zu messende Wirkung einer Kraft durch die Torsion eines durch jene Kraft tordierten Aufhängedrahts misst (siehe die Erkl. 742 bis 745), oder nach der sogen. Schwingungsmethode oder Oscillationsmethode, welche darin besteht, dass man die zu messende Wirkung einer Kraft durch die Schwingungen (Oscillationen) eines unter dem Einfluss jener Kraft in horizontaler oder vertikaler Ebene schwingenden Pendels misst (siehe die Erkl. 755 bis 765).

Antwort. *Coulomb* bewies die von ihm aufgestellten und in voriger Antwort angeführten Gesetze der elektrischen Abstossungen und Anziehungen, ähnlich wie die Gesetze der Fernewirkung zweier Magnetismen aufeinander, nach zwei Methoden, nämlich

1). nach der sog. Torsionsmethode mittels der von ihm konstruierten und nach ihm benannten Torsions- oder Drehwage (siehe Antw. der Frage 240), und

2). nach der sog. Schwingungsmethode mittels der Horizontaloscillationen einer in horizontaler Ebene drehbaren und frei aufgehängten elektrisierten Nadel (siehe Antw. der Frage 241 und die Erkl. 737).

Frage 240. Auf welche Weise kann man nach der sog. Torsionsmethode das in Antwort der Frage 238 aufgestellte erste Gesetz experimentell nachweisen?

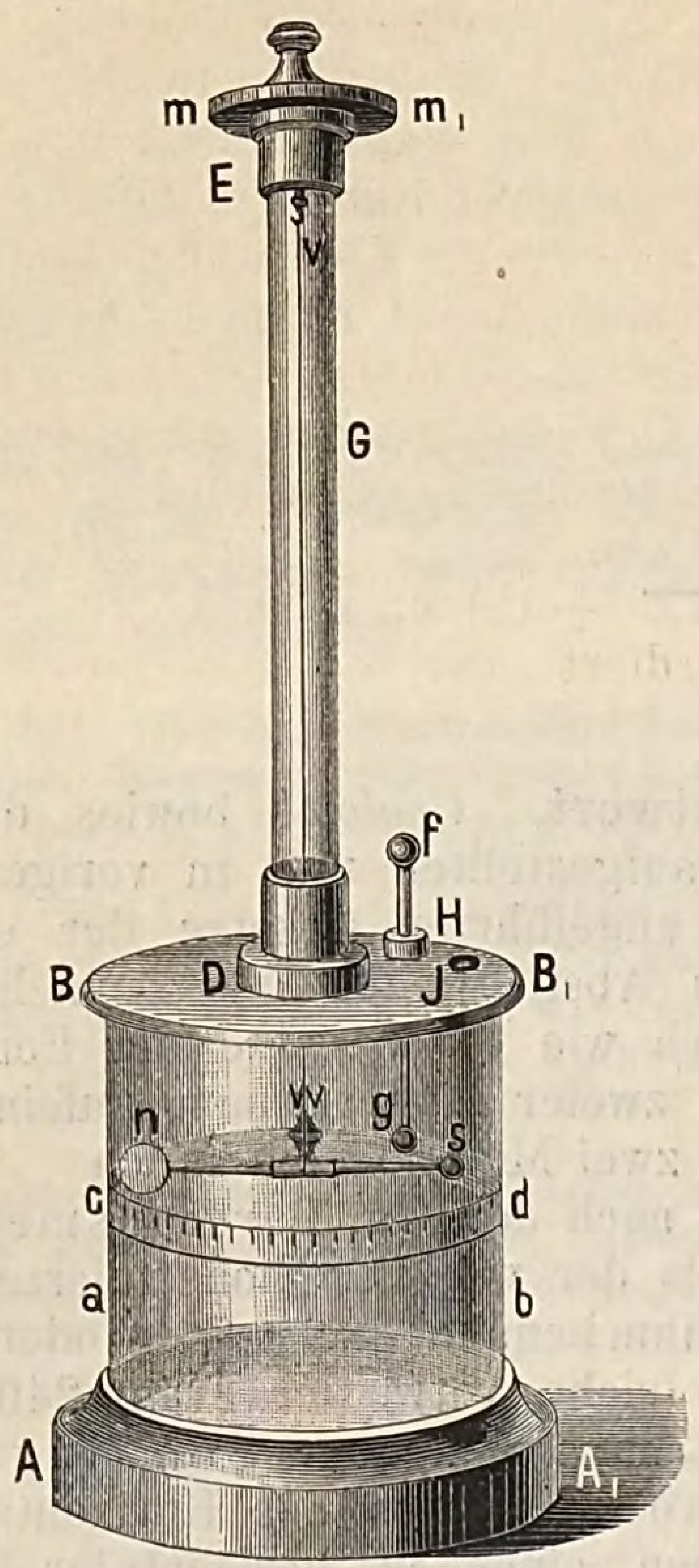
Erkl. 738. Die Einrichtung und der Gebrauch der Coulombschen Dreh- oder Torsionswage sind bereits in den Antw. der Fragen 186 bis 188 besprochen.

Erkl. 739. Ist die Drehwage so aufgestellt, dass der Aufhängedraht vw ohne Torsion ist und die Kugel s die Standkugel g gerade berührt, so wird die Kreisscheibe mm_1 so lange gedreht, bis der an dem Knopf y befindliche Zeiger J, siehe die Figur 239, auf den Nullpunkt der Gradeinteilung der Scheibe mm_1 zeigt; dies hat den Zweck, die Grösse der später vorzunehmenden Drehungen des Knopfs y direkt an der Einteilung der Scheibe mm_1 ablesen zu können.

Antwort. Zur Nachweisung des in Antwort der Frage 238 aufgestellten ersten Gesetzes, nach welchem die Stärken der Abstossungen gleichnamiger Elektricitäten (bezw. die Stärken der Anziehungen ungleichnamiger Elektricitäten) unter sonst gleichbleibenden Umständen umgekehrt proportional den Quadraten ihrer Entfernungen sind, benutzte *Coulomb* unter Zugrundelegung der sog. Torsionsmethode seine durch die Figur 238 dargestellte Drehwage (siehe Erklärung 738). Um mittels derselben nach *Coulomb* jenes Gesetz nachzuweisen, verfahre man wie folgt:

Zunächst stelle man den Wagbalken ns durch entsprechende Drehung des

Figur 238.



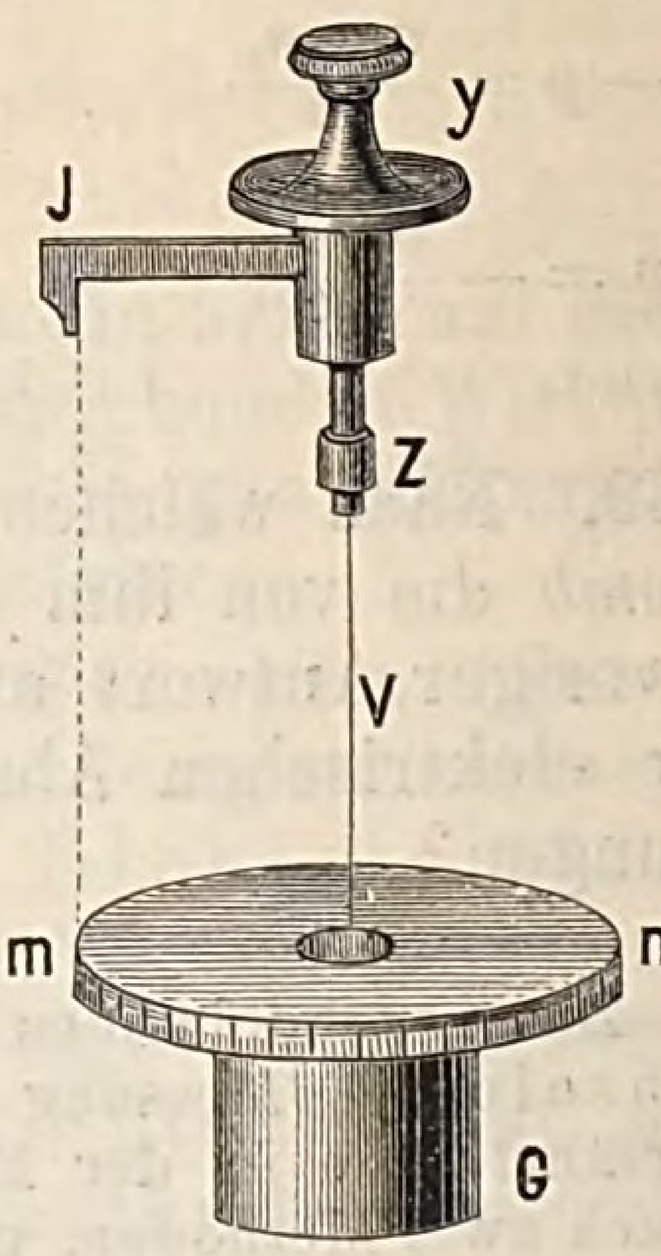
Erkl. 740. Die in nebenstehender Antwort angeführten Zahlenwerte für die Ablenkungswinkel und Torsionswinkel sind diejenigen, welche *Coulomb* bei seinen Versuchen fand.

Erkl. 741. Da in den verschiedenen abgelenkten Lagen des Wagbalkens ns den diesbezüglichen Abstossungen der auf den Kugeln g und s befindlichen Elektricitätsmengen durch die entsprechenden Torsionskräfte des Aufhängedrahts das Gleichgewicht gehalten worden (siehe die Erkl. 742 bis 746), so kann man für das Verhältnis jener abstossenden Kräfte das Verhältnis der denselben das Gleichgewicht haltenden Torsionskräfte setzen, und da letztere für denselben Draht proportional den entsprechenden Torsionswinkeln sind (siehe die Erkl. 742—746), so sind auch jene abstossenden Kräfte proportional diesen Torsionswinkeln.

Erkl. 742. Diejenige elastische Kraft (siehe Erkl. 743), welche hervorgerufen wird, wenn ein an einem Ende festgeklemmter Stab oder Draht durch irgend eine am andern, freien Ende desselben wirkende Kraft um seine Achse gedreht wird, und welche bestrebt ist, die infolge dieser Drehung (lat. Torsion) verschobenen Teile

Knopfs y, siehe Figur 239, so, dass die Kugel s die Standkugel g gerade berührt und dass der Aufhängedraht vw ohne Torsion ist (siehe Erkl. 739); dann bringe man durch die Oeffnung J eine isolierte

Figur 239.



und elektrisierte Metallkugel in den Glascylinder ab und berühre damit die Standkugel g. Infolge der Mitteilung der Elektricität werden hierdurch die Kugeln g und s, da sie gleich gross und von gleicher Beschaffenheit sind, gleich stark elektrisch und es wird die bewegliche Kugel s von der feststehenden Standkugel g abgestossen.

Ist der Wagbalken ns in Ruhe gekommen, so bestimme man an der Gradeinteilung cd den Winkel α, um welchen der Wagbalken ns infolge jener Abstossung von seiner ursprünglichen Lage abgelenkt wurde, den sog. Ablenkungswinkel; dieser Ablenkungswinkel sei z. B. $= 36^0$ (siehe Erkl. 740). Da nunmehr der Wagbalken von seiner ursprünglichen Lage abgelenkt ist und eine andre Stellung einnimmt, so wurde hierdurch der Aufhängedraht vw tordiert und zwar um einen Torsionswinkel δ, welcher gleich jenem Ablenkungswinkel α, bezw. welcher $= 36^0$ ist.

Tordiert man jetzt durch Drehung des Knopfs y nach der entgegengesetzten Richtung als die Abstossung der Kugel s vorher erfolgt war, den Aufhängedraht vw um eine beliebige Anzahl von Graden,

wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückzuführen, nennt man die Torsions- oder Drehungselasticität des Stabs.

Um die Gesetze der Torsionselasticität an Drähten zu beobachten, werden dieselben aufgehängt und mittels Gewichten vertikal gespannt.

Wenn ein solcher vertikal gespannter Draht um seine vertikale Achse um einen gewissen Winkel, Drehungs- oder Torsionswinkel genannt, gedreht (tordiert) wird, so erleidet er seiner ganzen Länge nach eine Drehung (Windung oder Torsion) seiner einzelnen Teilchen, und die hierdurch hervorgerufene Torsionselasticität ist bestrebt, die ursprüngliche Lage der einzelnen Teile, die sog. Gleichgewichtslage, wieder herzustellen. Bei einer jeden Torsion eines Drahts (Fadens oder Stabs) kommen also die Wirkungen zweier Kräfte in Betracht, welche sich das Gleichgewicht halten, nämlich die Wirkung der Kraft, welche den Draht um seine vertikale Achse dreht (tordiert), und die hierdurch hervorgerufene Wirkung der Torsionselasticität, welche jener Wirkung gleich, aber entgegengesetzt ist. Da nun die Wirkung einer jeden Kraft durch das Drehungsmoment gemessen wird, welches sie ausübt (siehe Erkl. 748), so muss das Drehungsmoment, welches die Torsionselasticität auf den Draht ausübt und welches den Namen Torsionskraft des Drahts führt, stets gleich dem Drehungsmoment sein, welches die den Draht tordierende Kraft auf den Draht ausübt.

Coulomb war der erste, welcher die Gesetze der Torsionskraft von Drähten untersuchte und folgende Torsionsgesetze aufstellte:

1). Die Torsionskraft ist dem Drehungs- oder Torsionswinkel proportional, d. h. wird das untere Ende z. B. um $2x$, $3x$, $4x$ Grade aus der Gleichgewichtslage gedreht, so ist die dadurch hervorgerufene Torsionskraft bezw. 2-, 3-, 4 mal so gross, als wenn die Drehung nur x Grade betragen hätte;

2). die Torsionskraft ist von der Spannung des Drahts unabhängig und

3). die Torsionskraft ist der Länge des Drahts umgekehrt proportional.

Auf das erste dieser hier angeführten Gesetze hat *Coulomb* die Konstruktion seiner Torsionswage gegründet.

Ausführliches über die Torsionselasticität findet man in Kleyers Lehrbuch der Mechanik.

Erkl. 743. Die Eigenschaft eines Körpers, vermöge welcher er seine frühere Form, die infolge auf ihn einwirkender Kräfte Veränderungen erlitten hatte, wieder herzustellen sucht, sobald jene Kräfte aufhören zu wirken, bezeichnet man im allgemeinen mit dem Namen Elasticität (vom neulat. elasticus, mitteilen, in Bewegung setzen). Je nach der Art der Wirkung jener Kräfte unterscheidet man verschiedene Arten von Elasticität (siehe Erkl. 742).

z. B. um $\delta_1 = 126^0$, so wird hierdurch die Kugel s der Standkugel g wieder genähert, und wenn man den Winkel, welchen der Wagbalken nunmehr mit seiner früheren Ruhelage bildet, an der Gradeinteilung cd bestimmt und mit α_1 bezeichnet, so ist nunmehr die Torsion des Aufhängedrahts vw, durch welche jetzt der elektrischen Abstossung das Gleichgewicht gehalten wird $= (\delta_1 + \alpha_1)^0$, oder wenn $\alpha_1 = 18^0$ gefunden wurde, $= (126 + 18)$ oder $= 144^0$.

Tordiert man abermals wie vorhin durch Drehung des Knopfs y den Aufhängedraht um eine beliebige Anzahl von Graden, z. B. um $\delta_2{}^0 = 567^0$, so wird die Kugel s abermals der Standkugel g genähert, und wenn man den Winkel, welchen der Wagbalken ns mit seiner ersten Ruhelage bestimmt, mit α_2 bezeichnet, so ist nunmehr die Torsion des Aufhängedrahts vw, durch welche jetzt der elektrischen Abstossung das Gleichgewicht gehalten wird $= (\delta_2 + \alpha_2)^0$, oder wenn jener Winkel $\alpha_2 = 8{,}5^0$ beobachtet wurde $= (567 + 8{,}5)$ oder $= 575{,}5^0$ u. s. f.

Untersucht man nun die Ablenkungen α, α_1 und α_2 des Wagbalkens von seiner ursprünglichen Lage, bezw. die in die Bogengrade $\alpha = 36^0$, $\alpha_1 = 18^0$ und $\alpha_2 = 8{,}5^0$ ausgedrückten und durch diese Bogen gemessenen Entfernungen der Kugeln s und g in bezug auf ihr Verhältnis zu einander, so findet man, dass sich dieselben annähernd wie $4:2:1$ verhalten.

Untersucht man ferner die Torsionswinkel $\delta = 36^0$, $(\delta_1 + \alpha_1) = 144^0$ und $(\delta_2 + \alpha_2) = 575{,}5^0$ in bezug auf ihr Verhältnis, so findet man, dass sich dieselben annähernd wie $1:4:16$ verhalten.

Da nun nach der Erkl. 741 die abstossenden Kräfte, welchen durch die Torsionen des Aufhängedrahts das Gleichgewicht gehalten wird, den Torsionswinkeln des Aufhängedrahts proportional sind, so ergibt sich hieraus, dass sich auch diese abstossenden Kräfte wie $1:4:16$ oder wie $1^2:2^2:4^2$ verhalten, bezw. dass sich die abstossenden Kräfte umgekehrt verhalten wie die Quadrate jener durch Bogen gemessenen Entfer-

Erkl. 744. Die Torsionskraft eines tordierten Drahts ist nicht allein abhängig von dem Torsionswinkel, dem Radius des Querschnitts und der Länge des Drahts (siehe Erkl. 742), sondern sie ist auch abhängig von dem Material, aus welchem der Draht besteht. Diese letztere Abhängigkeit muss durch das Experiment bestimmt werden, was jedoch nach dem in der Erkl. 742 angeführten Torsionsgesetz 1)., nach welchem die Torsionskraft eines und desselben Drahts proportional dem Torsionswinkel ist, für jeden Draht nur für einen bestimmten Torsionswinkel, nämlich für die Winkeleinheit zu geschehen braucht, indem sich alsdann nach diesem Gesetz die Torsionskraft des Drahts für jeden andern Torsionswinkel berechnen lässt.

Jene durch das Experiment zu bestimmende Torsionskraft eines um die Winkeleinheit tordierten Drahts nennt man den „Torsionskoeffizienten" des betreffenden Drahts. Der Torsionskoeffizient ist für jeden Draht ein andrer und wird allgemein durch T bezeichnet.

Erkl. 745. In bezug auf das absolute Masssystem (siehe Kleyers Lehrb. der in der Mechanik und Elektrotechnik gebräuchlichen Masssysteme) versteht man unter dem Torsionskoeffizient T eines Drahts (siehe Erkl. 744) diejenige Kraft, welche an einem der Längeneinheit gleichen Hebelarm angreifend der Torsion des Fadens das Gleichgewicht hält, wenn der Endpunkt des Hebelarms einen der Längeneinheit gleichen Bogen beschrieben hat.

Für die Torsionskraft eines um den Winkel α tordierten Drahts, dessen Querschnittshalbmesser gleich der Längeneinheit ist, ergibt sich somit der Wert:

a). . . . $T \cdot \alpha$

Hat man einen Draht, dessen Querschnittshalbmesser nicht gleich der gedachten Längeneinheit ist, und ist derselbe um α^0 tordiert, so muss man den dem Winkel α entsprechenden Bogen von α^0 in Längeneinheiten des Querschnittshalbmessers ausdrücken. Man erhält also nach der Erkl. 746 für die Torsionskraft irgend eines um den Winkel α tordierten Drahts:

b). . . . $T \cdot \frac{\alpha^0}{57^0\,17'\,45''}$

Erkl. 746. Ein planimetrischer Lehrsatz heisst: „Der Centriewinkel α^0 eines Kreises mit dem Radius r verhält sich zu dem Centriewinkel von 360^0 wie der zum Centriewinkel α gehörige Bogen *bog* α zu dem ganzen Umfang $2r\pi$ des Kreises," in Zeichen:

1). . . . $\alpha^0 : 360^0 = \text{bog}\,\alpha : 2r\pi$

und hieraus erhält man:

2). . . . $\text{bog}\,\alpha^0 = \frac{\alpha}{360} \cdot 2r\pi$

Ist $r = 1$ und setzt man für diesen speziellen

nungen, aus welchen die Elektricitätsmengen aufeinander wirken. Nimmt man schliesslich noch an, dass jene durch Bogen gemessenen Entfernungen proportional den zugehörigen Sehnen dieser Bogen, also proportional den direkten Entfernungen der Mittelpunkte der sich abstossenden Kugeln g und s sind, was man in gewissen Grenzen, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, annehmen kann, so ist die Richtigkeit des vorstehenden Gesetzes hiermit dargethan.

In ähnlicher Weise kann man nach *Coulomb* dasselbe Gesetz für die Anziehung ungleichnamiger Elektricitäten nachweisen; man kann letzteres aber auch als eine Folgerung jenes für die Abstossung gleichnamiger Elektricitäten bewiesenen Gesetzes betrachten (siehe die Erkl. 751 bis 754 und die Antwort der folgenden Frage 241).

Fall bog α = arc α (arcus, lat., der Bogen), so geht diese Gleichung über in:

$$\text{arc}\,\alpha^0 = \frac{\alpha^0}{360^0} \cdot 2\pi$$

und hieraus erhält man der Reihe nach:

$$\text{arc}\,\alpha^0 = \frac{\alpha}{360} \cdot 2 \cdot 3{,}141$$

$$\text{arc}\,\alpha^0 = \frac{\alpha}{360} \cdot 6{,}282$$

$$\text{arc}\,\alpha^0 = \frac{\alpha}{360 : 6{,}282}$$

oder:

3). . . . $\text{arc}\,\alpha^0 = \frac{\alpha^0}{57^0\,17'\,45''}$

d. h.: will man den zu einem Centriewinkel von α^0 gehörigen Bogen in Längeneinheiten des Radius ausdrücken, so hat man nur diesen Winkel α^0 durch den konstanten Winkel $57^0 17' 45''$ zu dividieren.

Der Winkel $57^0 17' 45''$ ist der Centriewinkel eines jeden Kreises, dessen Bogen gleich dem Radius dieses Kreises ist (siehe Erkl. 747).

Erkl. 747. Bezeichnet man den Radius irgend eines Kreises mit r, den Centriewinkel, dessen zugehöriger Bogen, in Längeneinheiten ausgedrückt, gleich jenem Radius ist, mit x, so besteht nach der Erkl. 746 die Relation:

a). . . . $x^0 : 360^0 = r : 2r\pi$

und hieraus erhält man:

$$x = \frac{360^0}{2\pi}$$

oder:

b). . . . $x = 57^0\,17'\,45''$

Erkl. 748. In der Mechanik wird bei der Bestimmung vom Gleichgewicht und Bewegung die Grösse der Wirkung irgend einer Kraft im allgemeinen ausgedrückt durch das sog. Moment (vom lat., welches das Bewegende, Ausschlaggebende, Wesentliche, Entscheidende heisst).

Man unterscheidet verschiedene Arten sogenannter Momente, nämlich:

1). Das statische oder Drehungsmoment einer Kraft in bezug auf einen festen Punkt als Drehungspunkt. Man versteht hierunter das Produkt, bestehend aus der Grösse der Kraft und dem senkrechten Abstand der Richtung derselben vom Drehungspunkt (siehe die Erkl. 749 und 750).

2). Das Moment der Bewegung. Man versteht hierunter das Produkt, bestehend aus der Grösse der Kraft und der Geschwindigkeit, mit welcher eine Kraft einen Punkt angreift.

3). Das Moment eines Kräftepaares (d. h. eines solchen Paares von gleich grossen Kräften, die nach entgegengesetzten, aber parallelen Richtungen wirken). Man versteht hierunter das Produkt, bestehend aus einer dieser Kräfte und der Breite des Paares, d. i. die Entfernung der Angriffspunkte beider Kräfte.

4). Das Moment der Trägheit. Man versteht hierunter das Produkt, bestehend aus einer

Masse und dem Quadrat der Entfernung vom Umdrehungs- oder Bewegungspunkt (siehe die Erkl. 765) u. a. m.

Ausführliches über diese angeführten Momente findet man in Kleyers Lehrbuch der Mechanik.

Erkl. 749. Wirken zwei Kräfte P und Q, siehe Figur 240, an einer um einen festen Punkt c drehbaren Linie ab, so verhalten sich diese Kräfte, wenn sie sich das Gleichgewicht halten sollen, wenn also die Linie ab in ihrer Lage verharrt, nach einem Lehrsatz aus der Mechanik, umgekehrt wie ihre senkrechten Entfernungen dc und fc von dem Drehungspunkt c, in Zeichen:

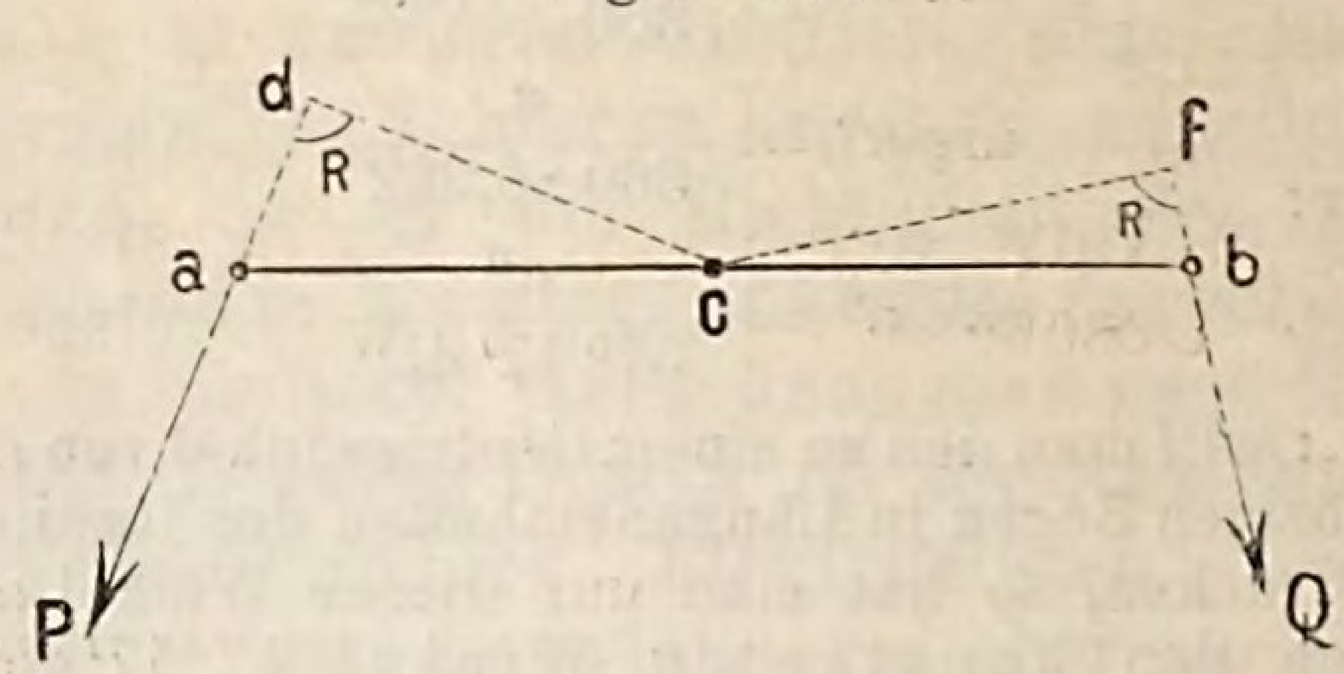
a). . . . $P : Q = fc : dc$

und hieraus erhält man:

b). . . . $P \cdot dc = Q \cdot fc$

Das Produkt, bestehend aus einer dieser Kräfte und ihrem senkrechten Abstand vom Drehungspunkt, nennt man das Moment der Kraft in bezug auf diesen Punkt, oder auch das Kraft- oder statische Moment (siehe vorige Erklärung).

Figur 240.



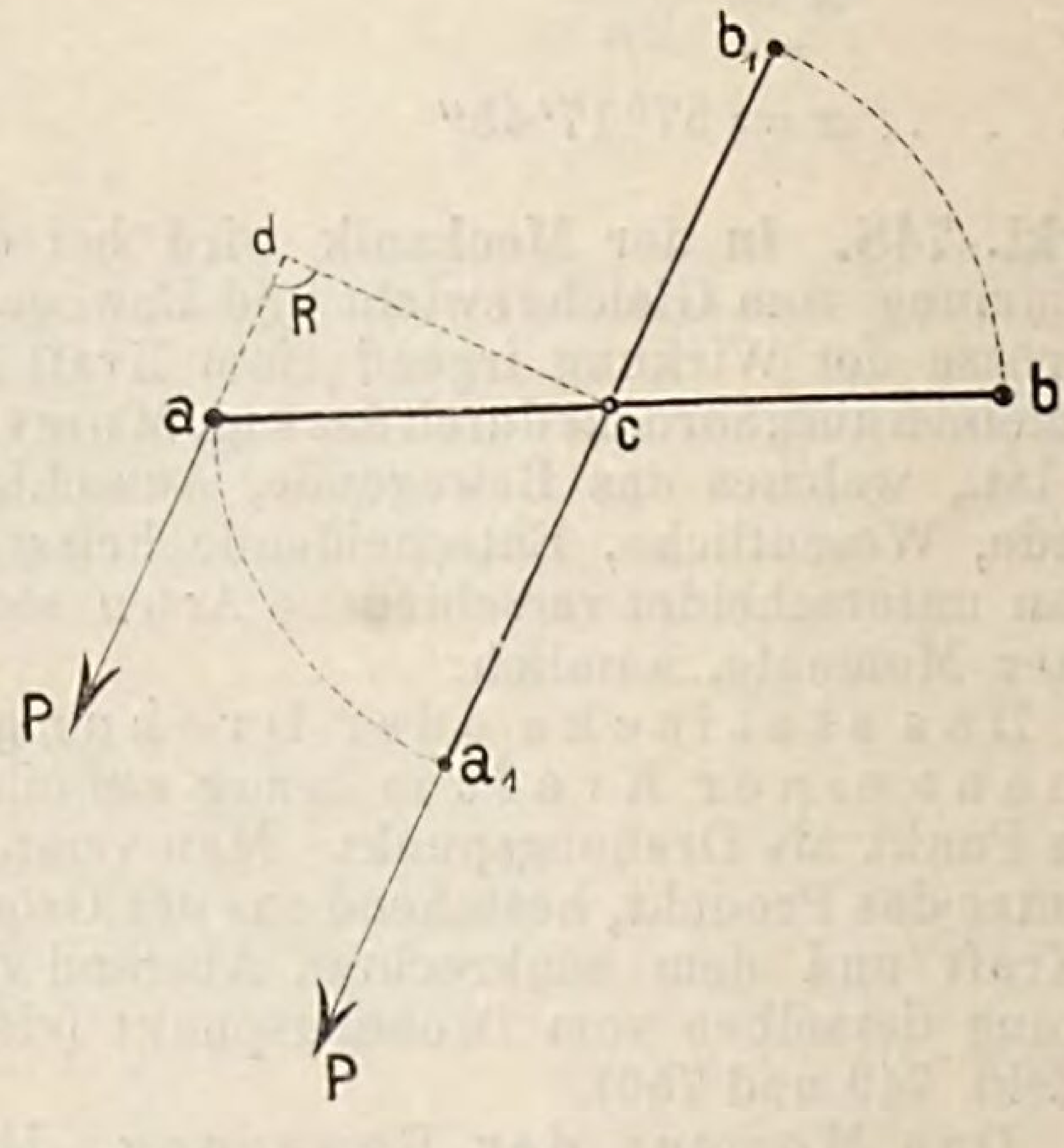
Erkl. 750. Findet (siehe Erkl. 749) zwischen den Kraftmomenten $P \cdot dc$ und $Q \cdot fc$, siehe Figur 240, welche die Linie ab um den Punkt c zu drehen strebt, keine Gleichheit statt, ist also eines derselben, z. B. $P \cdot dc$ grösser als das andre $Q \cdot fc$, so wird die Linie ab um den Punkt c in der Richtung derjenigen Kraft, welche das grössere Moment hat, gedreht, und zwar mit der Kraft, deren Moment

a). . . . $= P \cdot dc - Q \cdot fc$

ist, und dieses Moment nennt man das Drehungsmoment der Linie ab.

Hört eine dieser Kräfte, z. B. die Kraft Q auf zu wirken, siehe Figur 241, so ist das Drehungsmoment der Linie gleich dem Produkt, bestehend aus der Kraft P und dem senkrechten Abstand derselben vom Drehungspunkt c, nämlich $= P \cdot cd$

Figur 241.



Erkl. 751. Bei dem in nebenstehender Antwort erwähnten Experiment muss darauf Rücksicht genommen werden, dass die Elektricität auf den Kugeln allmählich abnimmt, indem sich dieselbe in der umgebenden Luft zerstreut. Deshalb sind auch meistens nur drei Beobachtungen möglich, mittels welcher sich das betreffende Gesetz nachweisen lässt (siehe Erkl. 748).

Erkl. 752. Aus nebenstehender Antwort ergibt sich, dass wenn sich die Kugeln g und s auf eine Entfernung e abgestossen haben und der Aufhängedraht hierdurch eine Torsion von δ^0 erlitten hat, man dem Aufhängedraht alsdann eine Torsion von $4 \cdot \delta^0$, $9 \cdot S^0$ erteilen muss; wenn die Kugeln g und s eine Entfernung bezw. von $\frac{1}{2} e$ oder $\frac{1}{3} e$ haben sollen, vorausgesetzt allerdings, dass die elektrischen Ladungen der Kugeln indessen dieselben geblieben sind.

Erkl. 753. In analoger Weise, wie mittels der Coulombschen Drehwage, kann man mittels anderer Drehwagen, wie z. B. mittels der elektrischen Wage von *Egen* etc. die Richtigkeit des erwähnten Gesetzes nachweisen.

Erkl. 754. Ausführliches über die Coulombschen Versuche findet man in dem Original: Coulomb, Memoires de l'Académi, Paris 1785.

Frage 241. Auf welche Weise kann man nach der Oscillationsmethode das in Antw. der Frage 238 aufgestellte erste Gesetz experimentell nachweisen?

Antwort. Um mittels der sog. Oscillationsmethode (siehe Erkl. 737) das in Antw. der Frage 238 aufgestellte Gesetz, nach welchem die Stärken der Anziehungen ungleichnamiger (bezw. die Stärken der Abstossungen gleichnamiger) Elektricitäten unter sonst gleichbleibenden Umständen umgekehrt proportional den Quadraten ihrer Entfernungen sind, nachzuweisen, kann man nach *Coulomb* wie folgt verfahren:

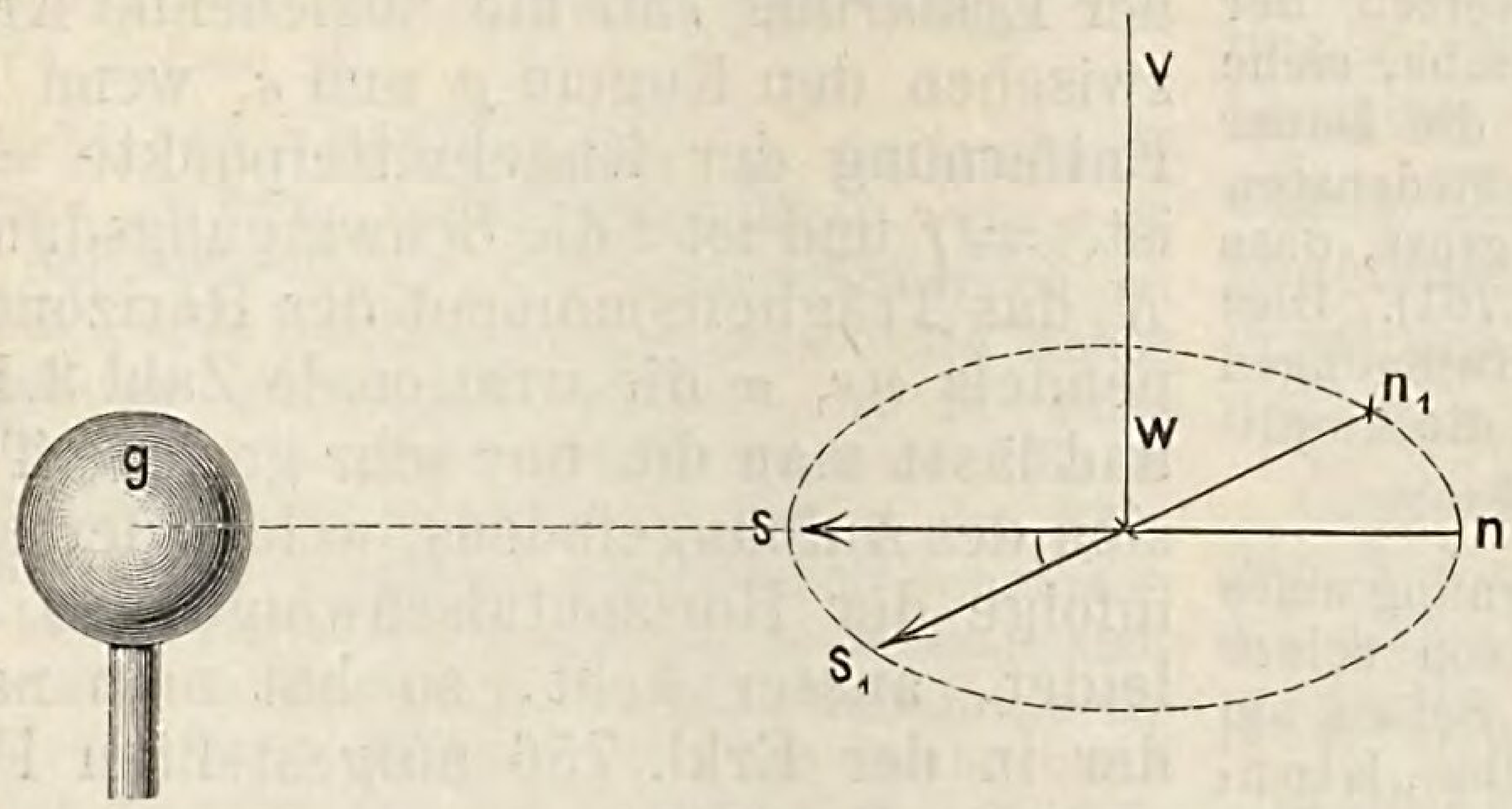
Gegenüber einer grossen, gut isolierten und elektrisierten Metallkugel *g*, siehe Figur 242, hänge man mittels eines langen Coconfadens *vw* ein kleines Schellackstäbchen *ns*, an dessen einem Ende eine kleine vergoldete Holundermarkkugel *s* befestigt ist, so auf, dass sich dasselbe in horizontaler Ebene frei um den Coconfaden als vertikale Achse drehen und demnach als ein horizontal schwingendes Pendel betrachtet werden kann.

Teilt man nun der kleinen Kugel *s* solche Elektricität mit, die der auf der Metallkugel *g* entgegengesetzt ist, so wird jener Horizontalpendel *ns* von der Metallkugel *g* angezogen und in eine solche Gleichgewichtslage gebracht, dass der Mittelpunkt der Kugel *g* in die Achse des Horizontalpendels *ns* fällt.

Bringt man alsdann das Horizontalpendel *ns* aus dieser seiner Gleichgewichtslage heraus, so wird dasselbe Schwingungen in horizontaler Ebene machen.

Hat man nun den Abstand der Kugeln *g* und *s* so gross gewählt, dass man die

Figur 242.



Erkl. 755. Hat man ein in vertikaler Ebene schwingendes, der anziehenden Wirkung der Schwerkraft folgendes Pendel, und man denkt sich in allen Lagen dieses schwingenden Pendels dessen Mittelpunkt mit dem Mittelpunkt der Erde, als dem Sitz der anziehenden Kraft der Erde, der sog. Schwerkraft, verbunden, so kann man diese Verbindungslinie, wegen der sehr grossen Entfernung des Pendelmittelpunkts vom Mittelpunkt der Erde, im Vergleich zu den kleinen Schwingungen, welche das Pendel macht, ohne einen Fehler zu begehen, als parallel annehmen.

Erkl. 756. Aus der Mechanik ist bekannt, dass zwischen der sog. Schwingungsdauer *t* (siehe Erkl. 757) eines physischen Pendels (d. i. ein solches, in welchem auch die zu bewegende Masse *m*, bezw. das Gewicht *p* desselben, siehe Erkl. 763, in Betracht gezogen werden muss, was bei dem sog. mathematischen Pendel nicht der Fall ist), dem von der Masse *m* des Pendels abhängigen Trägheitsmoment *K* (siehe Erkl. 765) und dem Drehungsmoment *D* (siehe die Erkl. 750 und 762) des Pendels, welches die beschleunigende Kraft der Erde (siehe Erkl. 764) dem Pendel in einer zur Kraftrichtung senkrechten Lage erteilt, die Relation:

a). . . . $t = \pi \cdot \sqrt{\frac{K}{D}}$

besteht.

Ausführliches über die Entwicklung dieser Formel findet man in Kleyers Lehrbuch der Mechanik, Abschnitt: Die Pendelgesetze.

Erkl. 757. Unter der „Schwingungsdauer" irgend eines oscillierenden (schwingenden) Körpers versteht man, wie beim Pendel, die Zeit, welche verstreicht, bis der Körper bei sehr kleinen (unendlich kleinen) Schwingungen (siehe Erkl. 758) von der einen weitesten Entfernung von seiner Gleichgewichtslage bis zur andern weitesten Entfernung von seiner Gleichgewichtslage kommt (siehe Erkl. 759), oder die Zeit, in welcher der äusserste Punkt (oder irgend ein Punkt) des Körpers die sog. Amplitude durchläuft (siehe Erkl. 760).

Erkl. 758. Bei allen Pendelgesetzen, ebenso bei den hierauf basierenden Gesetzen der Schwingungen eines elektrisierten Stabs, siehe Figur 242, wird vorausgesetzt, dass die Dauer der Schwingungen bei den verschiedensten Amplituden (siehe Erkl. 760) gleich gross, dass die Dauer isochron ist (siehe Erkl. 761). Dies ist aber nur der Fall, wenn diese Schwingungen sehr klein sind und infolgedessen die Amplituden 2 bis 3° nicht übersteigen.

Erkl. 759. Die weiteste Entfernung eines pendelartig schwingenden Körpers von seiner Gleichgewichtslage kann nach zwei Seiten hin gemessen werden. Man nennt dieselbe „Elongation". Der Winkel zwischen einer solchen Elongation und der Gleichgewichtslage heisst Elongationswinkel, Ausschlagswinkel, oder kurzweg Ausschlag.

Erkl. 760. Unter „Amplitude" versteht man den Bogen von einer Elongation zur andern.

Erkl. 761. Für kleine Schwingungen ist bei den verschiedensten Amplituden (siehe Erkl. 760) die Dauer derselben gleich gross, bezw. isochron (griech.).

Erkl. 762. Ein Pendelgesetz heisst: „Das Drehungsmoment, welches die beschleunigende Kraft der Schwerkraft der Erde einem Pendel bei isochronen Schwingungen erteilt, ist dem Sinus des Ablenkungswinkels proportional."

Erkl. 763. Die Masse m eines Körpers wird gemessen durch den Quotient, dessen Dividend das Gewicht p des Körpers und dessen Divisor die beschleunigende Kraft $g = 9{,}81$ m oder $= 981$ cm (für das mittlere Europa) ist, in Zeichen:

a). . . . $m = \frac{p}{g}$ (siehe Erkl. 764)

Hieraus ergibt sich für das Gewicht p:

b). . . . $p = g \cdot m$

Aus dieser Relation kann man folgende Sätze ableiten:

Verbindungslinien der Mittelpunkte der beiden Kugeln g und s in allen Lagen, welche das Horizontalpendel ns bei seinen horizontalenSchwingungen annimmt, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, als parallel annehmen darf, ähnlich wie es bei einem der Schwerkraft folgenden, in vertikaler Ebene schwingenden Pendel der Fall ist (siehe Erkl. 755), so darf man annehmen, dass jenes horizontal schwingende Pendel denselben bekannten Gesetzen (siehe Erkl. 758) unterworfen ist als ein in vertikaler Ebene schwingendes, der Schwerkraft der Erde folgendes Pendel.

Ist unter dieser Voraussetzung nach der Erklärung 756 die anziehende Kraft zwischen den Kugeln g und s, wenn die Entfernung der Kugelmittelpunkte $= e$ ist, $= f$ und ist t die Schwingungsdauer, K das Trägheitsmoment des Horizontalpendels ns, π die irrationale Zahl 3,141 und lässt man die nur sehr geringe Torsion des Aufhängefadens, welche derselbe infolge der Horizontalschwingungen erleidet, ausser Acht, so hat man nach der in der Erkl. 756 aufgestellten Formel die Relation:

a). . . . $t = \pi \sqrt{\frac{K}{f}}$

In analoger Weise erhält man zwischen der anziehenden Kraft f_1 in einem andern Abstand e_1 der beiden Kugeln g und s, der diesbezüglichen Schwingungsdauer t_1 desselben Horizontalpendels ns, die analoge Relation:

b). . . . $t_1 = \pi \sqrt{\frac{K}{f_1}}$

und aus diesen Gleichungen a). und b). erhält man durch Division und nach gehöriger Reduktion die weitere Relation:

c). . . . $t^2 : t_1^2 = f_1 : f$

Nimmt man nun jenes herzuleitende Gesetz einstweilen als richtig an, so muss auch die Beziehung:

d). . . . $f_1 : f = e^2 : e_1^2$

bestehen. Da sich nun aus den Gleichungen c). und d). die Relation:

e). . . . $t^2 : t_1^2 = e^2 : e_1^2$

oder:

1). Die Kraft, welche auf die Masse m wirkt, ist gleich dem Produkt aus der Beschleunigung der Masse, welcher sie diese Beschleunigung erteilt, und

2). die Beschleunigung g, welche eine Kraft der Masseneinheit erteilt, ist ein Mass dieser Kraft, wenn m eine in die gedachte Masseneinheit ausgedrückte Masse bedeutet (siehe Kleyers Lehrbuch der Mechanik).

Erkl. 764. In der Mechanik versteht man unter „Beschleunigung" (Acceleration) jede gleichförmige oder als gleichförmig gedachte, meist in Meter (in der Elektricitätslehre in cm) ausgedrückte Aenderung einer Geschwindigkeit in der Zeiteinheit, nämlich in der Sekunde.

Jede Beschleunigung (oder auch Verzögerung) wird durch eine kontinuierlich wirkende Kraft, wie z. B. durch die Schwerkraft der Erde, durch die magnetische oder elektrische Anziehungskraft hervorgerufen und hängt von deren Grösse ab.

Erkl. 765. Ein Lehrsatz aus der Mechanik heisst: „Wirkt eine konstante Kraft (wie z. B. die Schwerkraft der Erde) unveränderlich an einem Punkt eines und um eine feste Achse drehbaren physischen Körpers, z. B. eines Stabs, und soll infolge dieser wirkenden Kraft jede Masse eines materiellen Punkts des Körpers dieselbe Winkelgeschwindigkeit annehmen (drehende Bewegung machen), so müssen sich diese Masseteilchen umgekehrt verhalten wie die Quadrate ihrer Abstände von der Drehachse."

Das Produkt aus der Masse m eines Punkts und des Quadrats seines Abstands r von der Drehachse, also das Produkt $m \cdot r^2$ nennt man das Trägheitsmoment des materiellen Punktes m.

Denkt man sich nun im Abstand Eins von der Drehachse irgend eine Masse angebracht, so ist nach vorigem deren Trägheitsmoment $= m \,.\, 1^2$, bezw. gleich der Masse m selbst und man kann in bezug auf die vorherige Definition des Trägheitsmoments sagen:

„Das Trägheitsmoment $m \cdot r^2$ einer Masse gibt an, welche Masse in dem Abstand Eins von der Drehachse angebracht, jene in Abstand r befindliche Masse m ersetzen kann, so dass die Winkelgeschwindigkeit unverändert bleibt."

Unter dem Trägheitsmoment K eines Körpers versteht man nach vorstehendem die Summe der Trägheitsmomente aller materiellen Punkte des Körpers (siehe Kleyers Lehrbuch der Mechanik).

Erkl. 766. Die in nebenstehender Antwort angeführten Zahlenwerte 1,333, 2,666 und 3,647 *Coulombs* für die Schwingungszeiten von je 15 Schwingungen, wurden nach der in der Erkl. 756 aufgestellten Formel durch Rechnung bestimmt.

Durch Beobachtung fand *Coulomb* für diese Schwingungszeiten die etwas grösseren Werte: 1,333, 2,733 und 4,000. Durch Ver-

f). . . . $t : t_1 = e : e_1$

ergibt, so müssen sich hiernach, unter der Annahme der Richtigkeit jenes Gesetzes, die Schwingungszeiten, welche das Horizontalpendel ns zu einer bestimmten Anzahl von Schwingungen braucht, wenn es so abgelenkt ist, dass die Entfernungen der Mittelpunkte der Kugeln g und s einmal $= e$, ein andermal $= e_1$ sind, direkt wie diese Abstände e und e_1 verhalten.

Berechnet man mittels der Formel:

$$t = \pi \sqrt{\frac{K}{D}} \quad \text{(siehe Erkl. 756)}$$

oder beobachtet man die Schwingungsdauer, welche das Horizontalpendel ns braucht, wenn die Kugel s in verschiedenen Entfernungen von der Kugel g abgelenkt wird, so ergibt sich aus den erhaltenen Zahlenwerten die Richtigkeit des vorstehenden Schlusses.

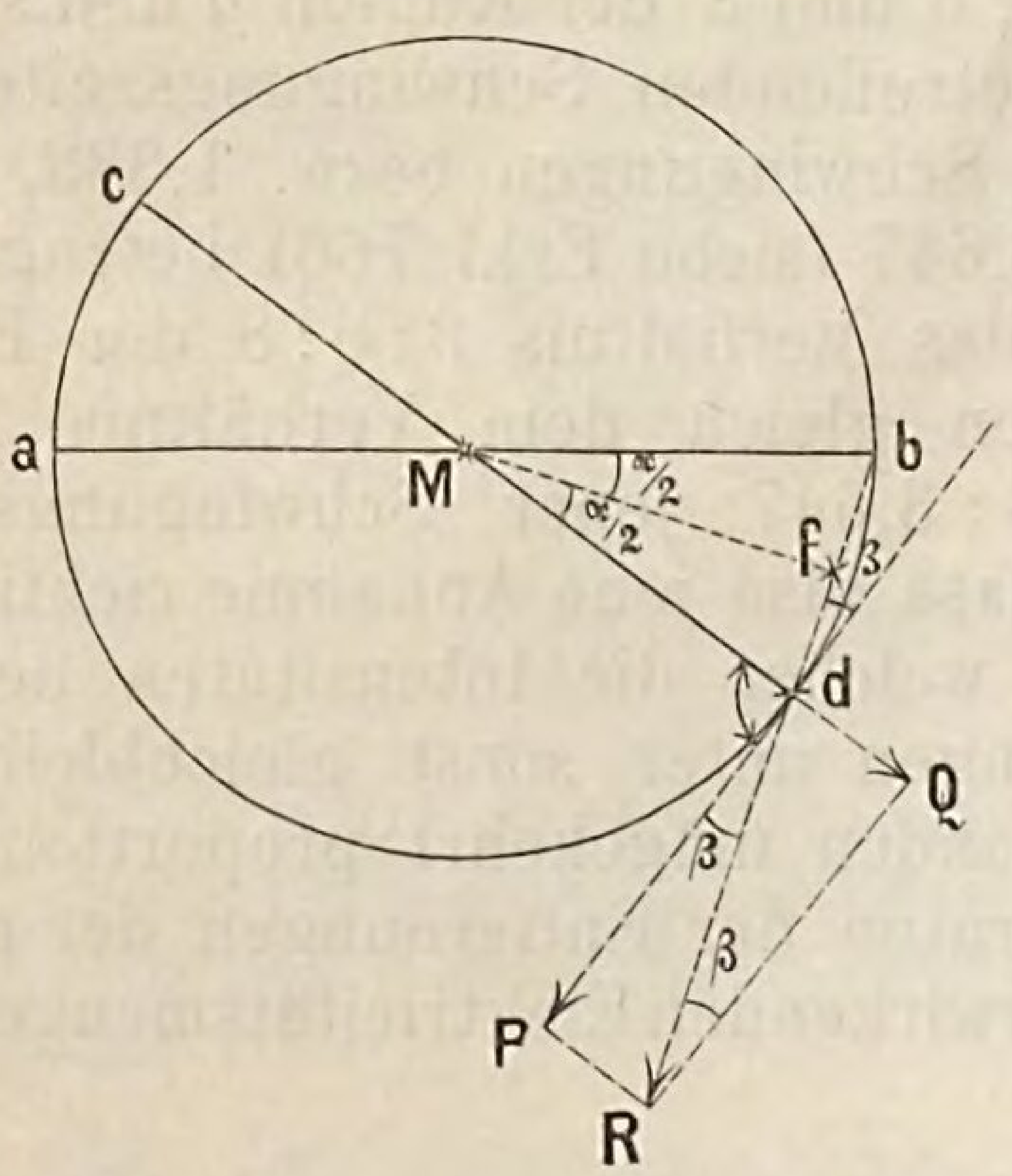
Coulomb fand z. B. in den Entfernungen 3, 6 und 8 der Kugeln g und s, dass die betreffenden Schwingungszeiten für je 15 Schwingungen bezw. 1,333, 2,666 und 3,647 (siehe Erkl. 766) betrug, dass also das Verhältnis 3 : 6 : 8 der Entfernungen gleich dem Verhältnis 1,333 : 2,666 : 3,647 jener Schwingungszeiten ist, dass also jene Annahme richtig war, nach welcher die Intensitäten der Anziehungen unter sonst gleichbleibenden Umständen umgekehrt proportional den Quadraten der Entfernungen der aufeinanderwirkenden Elektricitätsmengen sind.

gleichung dieser auf verschiedene Weise gefundenen Werte ergibt sich, dass die durch Beobachtung gefundenen Werte etwas grösser sind als jene durch Rechnung gefundenen, dass also die wirkende Kraft bei der zweiten und dritten Beobachtung kleiner war als bei der ersten Beobachtung, dass sie also abgenommen haben muss. Dies ist leicht erklärlich, indem die Elektricität sich allmählich in die Luft zerstreut.

Will man deshalb die durch die zweite und dritte Beobachtung gefundenen Werte mit der ersten Beobachtung vergleichen, so muss man den zuletzt beobachteten Wert 4,000 mit dem sog. Zerstreuungskoeffizient (siehe Antw. der Frage 252), für welchen *Coulomb* $\sqrt{0,9}$ fand, multiplizieren. Man erhält hiernach den Wert 3,800, welcher mit dem durch Rechnung gefundenen entsprechenden Wert 3,647 schon besser übereinstimmt.

Frage 242. Auf welche Weise kann man durch Rechnung die Richtigkeit des in Antwort der Frage 238 aufgestellten ersten Gesetzes nachweisen?

Figur 243.



Erkl. 767. Ein Lehrsatz aus der Mechanik heisst:

„Wirken, siehe Figur 244, zwei Kräfte P und Q, die sogen. Seitenkräfte oder Komponenten, deren Richtungen und Intensitäten bezw. durch die Richtungen und Längen der Strecken AB und AC dargestellt sind, unter einem beliebigen Winkel und auf einen beweglichen materiellen Punkt A, so ist die Mittelkraft, die sogen. Resultante dieser Kräfte, sowohl ihrer Richtung als Grösse nach gleich der Diagonale AD des über den Kräften P und Q, bezw. über den Linien AB und AC konstruiert gedachten Parallelogramms."

Antwort. Die Richtigkeit des in Antwort der Frage 238 aufgestellten ersten Gesetzes, nach welchem die Stärken der Abstossungen ungleichnamiger (bezw. die Stärken der Anziehungen gleichnamiger) Elektricitäten, unter sonst gleichbleibenden Umständen, umgekehrt proportional den Quadraten ihrer Entfernungen sind, kann man wie folgt durch Rechnung nachweisen:

Bezeichnet man mit F die Kraft, mit welcher die Kugel s von der Standkugel g aus der Entfernungseinheit abgestossen wird, und die Kraft, mit welcher sie in der Entfernung e abgestossen wird, mit F_1, so besteht, unter der einstweiligen Annahme der Richtigkeit jenes Gesetzes, die Relation:

$$F : F_1 = e^2 : 1$$

und hieraus erhält man:

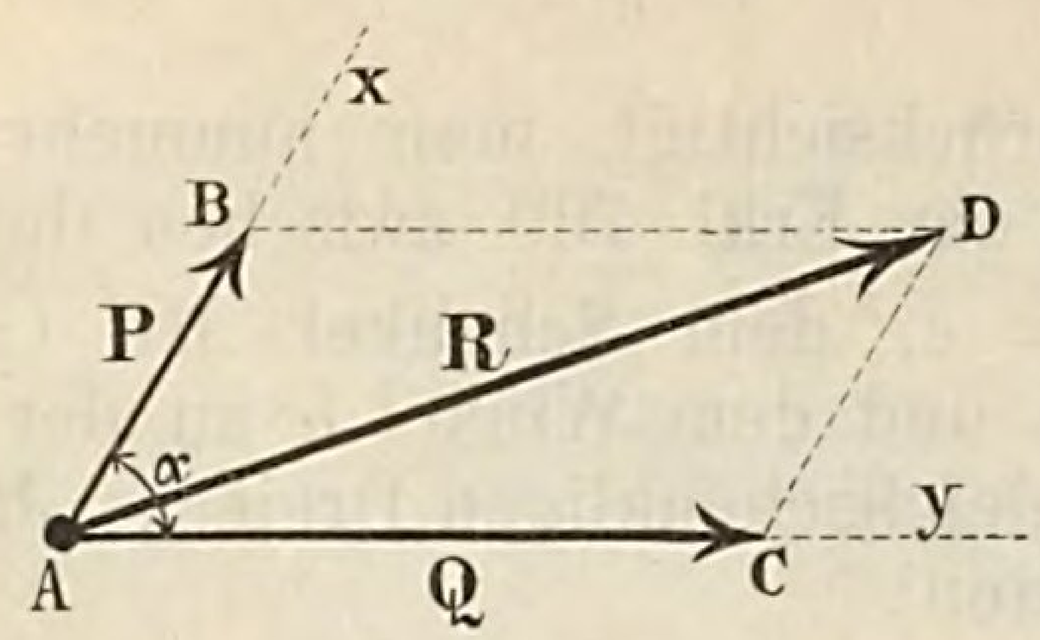
$$\text{a)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad F_1 = \frac{F}{e^2}$$

Stellt nun die Figur 243 eine Horizontalprojektion der Gradeinteilung cd und des Wagbalkens ns der durch die Figur 238 dargestellten Coulombschen Drehwage dar und bedeutet in dieser Figur ab die Lage des Wagbalkens ns in der Ruhelage, in welcher die Kugel s die Standkugel g berührt (siehe vorige Antwort); bedeutet ferner cd die Lage des Wagbalkens ns, welche derselbe

Dieser Satz ist unter dem Namen: „Das Gesetz des Parallelogramms der Kräfte in der Mechanik“ bekannt. Nach demselben kann man zwei in einem Punkt angreifende Kräfte durch eine Kraft ersetzen oder umgekehrt, eine in einem Punkt angreifende Kraft in zwei in demselben Punkt angreifende Kräfte zerlegen.

Siehe Kleyers Lehrbuch der Mechanik, bezw. Heft 31 der Encyklopädie.

Figur 244.



Erkl. 768. Eine Definition aus der ebenen Trigonometrie heisst:

„Unter dem Kosinus eines Winkels im rechtwinkligen Dreieck versteht man das Verhältnis der diesem Winkel anliegenden Kathete zur Hypothenuse.“

In dem rechtwinkligen Dreieck PdR, siehe Figur 243, ist also:

$$\cos\beta = \frac{\overline{dP}}{\overline{dR}}$$

und hieraus ergibt sich:

$$\overline{dP} = \overline{dR} \cdot \cos\beta$$

Siehe Kleyers Lehrbuch der ebenen Trigonometrie.

Erkl. 769. Zieht man in einem gleichschenkligen Dreieck ABC, siehe Figur 245, die Höhe h, so besteht nach der Erkl. 770 in dem rechtwinkligen Dreieck ABD die Relation:

a). . . . $\overline{BD} = \overline{AB} \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$

und hieraus erhält man:

b). . . . $2 \cdot \overline{BD} = 2 \cdot \overline{AB} \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$

d. h. bezeichnet man die Basis eines gleichschenkligen Dreiecks mit b, einen Schenkel desselben mit s, den Winkel an der Spitze mit α, so besteht die Beziehung:

c). . . . $b = 2 \cdot s \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$

In analoger Weise erhält man aus der Figur 243, wenn man die Basis bd des gleichschenkligen Dreiecks dMb mit e, den Schenkel Md mit L und den Winkel an der Spitze mit α bezeichnet:

d). . . . $e = 2 \cdot L \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$

Erkl. 770. Eine Definition aus der ebenen Trigonometrie heisst:

„Unter dem Sinus eines Winkels eines rechtwinkligen Dreiecks versteht man das Verhältnis

einnimmt, nachdem die Kugel s von der Standkugel g abgestossen und der Knopf y der Coulombschen Drehwage so um den Winkel δ gedreht wurde, dass der Wagbalken ns mit seiner ursprünglichen Lage den Winkel $dMb = \alpha$ bildet, so ist unter obiger Voraussetzung die Kraft, in welcher der Punkt b in der Richtung $\overline{bd}$ auf den Punkt d wirkt, wenn man die Entfernung $\overline{bd} = e$ setzt, nach vorstehender Gleichung 1).:

$$= \frac{F}{e^2}$$

Setzt man diese Kraft:

b). $\frac{F}{e^2} = R$

denkt sich dann dieselbe, wie in der Figur 243 angedeutet, in d angreifend und in der Verlängerung von bd wirkend, und dieselbe nach dem Gesetz des Parallelogramms der Kräfte (siehe Erkl. 767) in die Komponenten P und Q zerlegt, von welchen die Komponente P als senkrecht auf Md wirkend eine drehende Bewegung des in der Lage cd befindlichen Wagbalkens ns hervorbringen kann, während die Komponente Q als in der Richtung des Wagbalkens wirkend keine drehende Bewegung hervorbringen kann, also wirkungslos ist und dementsprechend unberücksichtigt bleiben kann, so erhält man aus dem bei P rechtwinkligen Dreieck nach der Erklärung 768 für die Länge der Dreiecksseite dP, welche die Grösse der Kraft P graphisch darstellt, bezw. für die Grösse dieser Kraft P, wenn gleichzeitig die Länge der Dreiecksseite dR die Grösse jener Kraft R graphisch darstellt, die Relation:

c). $P = R \cdot \cos\beta$

oder nach vorstehender Gleichung b).:

d). $P = \frac{F}{e^2} \cdot \cos\beta$

Da nun diese Kraft P rechtwinklig an dem Ende d des Hebelarms Md wirkt, so hat man nach den Erkl. 748 bis 750 für das Drehungsmoment D,

der diesem Winkel gegenüberliegenden Kathete zur Hypothenuse.“

In dem rechtwinkligen Dreieck ABC, siehe Figur 245, ist also:

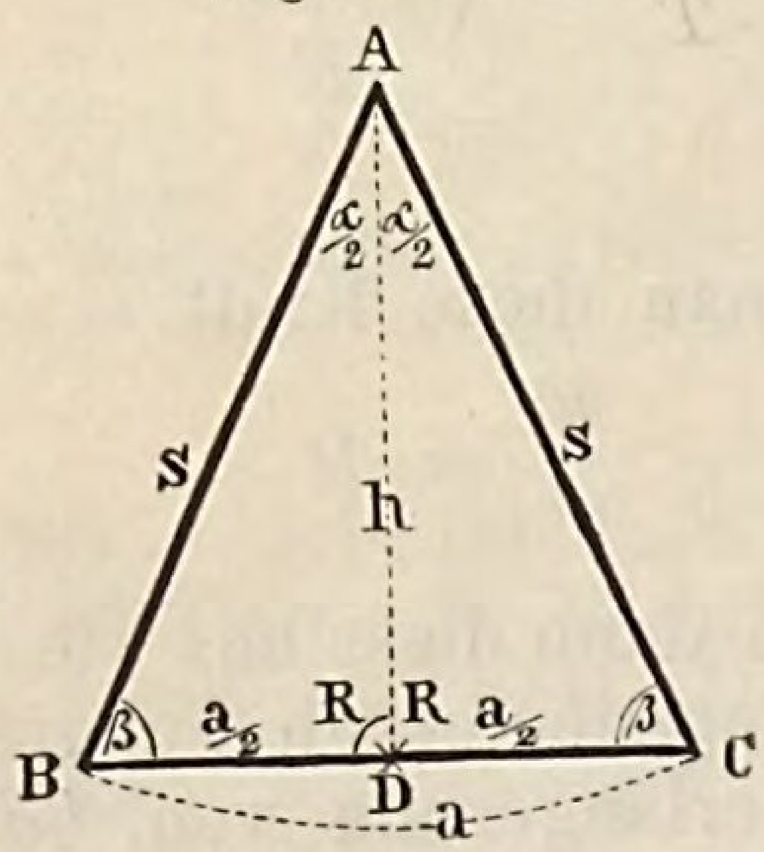
$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{\overline{BD}}{\overline{AB}}$$

und hieraus erhält man:

$$\overline{BD} = \overline{AB}\cdot\sin\frac{\alpha}{2}$$

Siehe Kleyers Lehrbuch der ebenen Trigonometrie.

Figur 245.



Erkl. 771. Zieht man in dem gleichschenkligen Dreieck dMb, siehe Figur 243, die Höhe Mf, so wird der Winkel α durch diese Höhe halbiert, und da der Schenkel Md des Winkels dMf $\left(=\frac{\alpha}{2}\right)$ senkrecht auf dem Schenkel $\overline{Pd}$ des Winkels PdR $(=\beta)$ steht, indem $\overline{Pd}$ eine Tangente in d an den Kreis um M ist, und da ferner der andre Schenkel $\overline{Mf}$ jenes Winkels $dMf\left(=\frac{\alpha}{2}\right)$ senkrecht auf dem zweiten Schenkel $\overline{Rd}$ des Winkels PdR (bezw. auf dessen Verlängerung Rdb) steht, so ist nach der Erkl. 772:

$$\sphericalangle dMf = \sphericalangle PdR$$

oder es ist:

$$\text{a).} \quad \beta = \frac{\alpha}{2}$$

Erkl. 772. Ein planimetrischer Lehrsatz heisst:

„Stehen die Schenkel eines Winkels senkrecht auf den Schenkeln eines andern Winkels oder dessen Verlängerungen, so sind diese beiden Winkel einander gleich.“

Siehe Kleyers Lehrbuch der Planimetrie, welches über die planimetrischen Lehrsätze handelt.

Erkl. 773. Zerlegt man den Quotient:

$$\frac{\sin^2\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}} \text{ in: } \sin\frac{\alpha}{2}\cdot\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

und setzt nach der Erkl. 774 für

welches diese Kraft auf den Hebelarm, bezw. auf den Wagbalken ns ausübt:

$$\text{e).} \ldots D = P\cdot\overline{Md}$$

oder in Rücksicht der Gleichung d). und wenn man die halbe Länge Md des Wagbalkens ns mit L bezeichnet:

$$\text{f).} \ldots D = \frac{F}{e^2}\cdot\cos\beta\cdot L$$

Berücksichtigt man nunmehr, dass nach der Erkl. 769 zwischen der Basis $\overline{bd} = e$, dem Schenkel Md $(= Mb)$ $= L$ und dem Winkel α an der Spitze des gleichschenkligen Dreiecks Mbd die Relation:

$$\text{g).} \ldots e = 2\cdot L\cdot\sin\frac{\alpha}{2}$$

besteht und dass nach der Erkl. 771:

$$\text{h).} \ldots \beta = \frac{\alpha}{2}$$

ist, so erhält man aus der Gleichung f). die Beziehung:

$$D = \frac{F}{\left(2L\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\right)^2}\cdot\cos\frac{\alpha}{2}\cdot L$$

oder:

$$D = \frac{F}{4L^2\cdot\sin^2\frac{\alpha}{2}}\cdot\cos\frac{\alpha}{2}\cdot L$$

mithin:

$$\text{i).} \ldots D = \frac{F}{4L\cdot\sin^2\frac{\alpha}{2}}\cdot\cos\frac{\alpha}{2}$$

Da nun diesem Drehungsmoment, welches die abstossende Kraft der Kugeln g und s in der Lage cd des Wagbalkens ns auf den Wagbalken ausübt, durch die Torsionskraft (siehe Erkl. 744) des Aufhängedrahts vw, siehe Figur 238, das Gleichgewicht gehalten wird, so hat man, wenn man den Torsionskoeffizienten des betreffenden Aufhängedrahts mit T bezeichnet und in Rücksicht, dass die Torsion des Aufhängedrahts $= (\delta+\alpha)^0$ ist, dass also nach den Erklärungen 742 und 744 die Torsionskraft des Aufhängedrahts $=$

$$\text{k).} \ldots\ldots T(\delta+\alpha)$$

ist, die Gleichung:

$$\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}} = \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

so kann man:

$$\text{a)}. \ldots \frac{\sin^2\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}} = \sin\frac{\alpha}{2}\cdot\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

setzen.

Erkl. 774. Ein Lehrsatz aus der ebenen Trigonometrie, bezw. aus der Goniometrie heisst:

„Der Quotient aus dem Sinus eines Winkels und dem Kosinus desselben Winkels ist gleich der trig. Tangens (siehe Erkl. 775) dieses Winkels," in Zeichen:

$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \operatorname{tg}\alpha$$

Erkl. 775. Eine Definition aus der ebenen Trigonometrie heisst:

„Unter der trigonometrischen Tangens eines Winkels im rechtwinkligen Dreieck versteht man das Verhältnis der diesem Winkel gegenüberliegenden Kathete zur anliegenden Kathete."

Erkl. 776. Setzt man in dem Ausdruck:

$$\left(\delta+\alpha\right)\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

[siehe die Gleichung m). in nebenstehender Antwort]

der Reihe nach:

1). $\alpha = 36^0$ und $(\delta+\alpha) = (0+36)$ oder $= 36$

2). $\alpha = 18^0$ und $(\delta+\alpha) = (126+18)$ oder $= 144$

3). $\alpha = 8{,}5^0$ und $(\delta+\alpha) = (567+8{,}5)$ oder $= 575{,}5$

nämlich die von *Coulomb* bei seinen Experimenten beobachteten Werte (siehe Antwort der Frage 240), so erhält man für obigen Ausdruck bezw. die Werte:

3,614
3,558
und 3,169

Soll obiger Ausdruck **konstant** sein, so müssen diese Werte gleich sein, dies ist aber nicht ganz der Fall, was, wie nebenstehend erwähnt, seinen Grund darin hat, dass die Beobachtungen nicht mit absoluter Genauigkeit gemacht werden konnten und dass die Elektricität sich der umgebenden Luft mitteilt und allmählich zerstreut wird (siehe die Erklärung 766).

$$\text{l)}. \ldots \frac{F}{4L\cdot\sin^2\frac{\alpha}{2}}\cdot\cos\frac{\alpha}{2} = T\left(\delta+\alpha\right)$$

Aus der Gleichung l). erhält man schliesslich:

$$\frac{F}{4L\cdot T} = \left(\delta+\alpha\right)\cdot\frac{\sin^2\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

oder nach der Erkl. 773:

$$\text{m)}. \ldots \frac{F}{4L\cdot T} = \left(\delta+\alpha\right)\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

Aus dieser Gleichung kann man folgenden Schluss ziehen:

Ist das der Entwicklung dieser Gleichung zu Grunde gelegte Gesetz richtig, wie angenommen wurde, so muss, da die linke Seite dieser Gleichung für ein und dieselbe Drehwage einen konstanten Wert hat, auch die rechte Seite dieser Gleichung, also der Ausdruck:

$$\left(\delta+\alpha\right)\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

einen **konstanten** Wert haben. Durch das Experiment kann man sich überzeugen, dass dies nur **annähernd** der Fall ist (siehe Erkl. 776), was seinen Grund aber nicht in der Unrichtigkeit jenes Gesetzes, sondern darin hat, dass die bei solchen Experimenten zu machenden Beobachtungen nicht von absoluter Genauigkeit sind und dass sich die Elektricität im Laufe der Zeit, während welcher die diesbezüglichen Beobachtungen anzustellen sind, der umgebenden Luft mitteilt (siehe die Erkl. 777 und 778).

Erkl. 777. Hat man mittels der Coulombschen Torsionswage die nach Antwort der Frage 240 zu machende erste Beobachtung gemacht und den Ablenkungswinkel α bestimmt, so kann man in diesem Falle, wenn man den gefundenen Wert für α in umstehende Gleichung m).:

$$\frac{F}{4LT} = \left(\delta + \alpha\right) \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

substituiert, $\delta = 0$ setzt, indem bei der ersten Beobachtung noch keine Drehung des Knopfes y der Drehwage vorgenommen wurde, den konstanten Wert $\frac{F}{4LT}$ berechnen; dann diesen berechneten Wert in vorstehende Gleichung substituieren und für jede andre Drehung δ des Knopfes y den entsprechenden Ablenkungswinkel α berechnen.

Würde man auf diese Weise mittels der ersten Ablenkung

$$\alpha = 36^0 \text{ und } \delta = 0^0$$

erhalten, welchen Wert *Coulomb* bei seinen Versuchen erhielt, und wie soeben angedeutet, die Ablenkungswinkel α und α_2 für die Drehungen des Knopfes y um $\delta_1 = 126^0$ und $\delta_2 = 567^0$ berechnen, so erhielte man:

$$\left.\begin{aligned} \alpha_1 &= 18^0\,6' \\ \text{und } \alpha_2 &= 9^0\,4' \end{aligned}\right\} \text{(siehe Erkl. 777a)}$$

nämlich grössere Winkel als die von *Coulomb* beobachteten Winkel $\alpha_1 = 18^0$ und $\alpha_2 = 8{,}5^0$, woraus geschlossen werden muss, dass die abstossende Kraft bei der zweiten und dritten Beobachtung nicht mehr in der Weise wirksam war, als bei der ersten Beobachtung, was sich dadurch erklären lässt, dass die Elektricität sich in der Luft allmählich zerstreut hat (siehe die Erkl. 766 und 776).

Erkl. 778. Aus der in umstehender Antwort entwickelten Gleichung m).:

$$1). \quad \frac{F}{4LT} = \left(\delta + \alpha\right) \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

erhält man für die abstossende Kraft F, mit welcher die Kugel s von der Standkugel g aus der Entfernungseinheit abgestossen wird, wenn die halbe Länge des Wagbalkens $= L$, der Torsionskoeffizient des Aufhängedrahts $= T$ und bei einer Ablenkung von α^0 die Torsion des Aufhängedrahts $= \delta + \alpha$ ist:

$$2). \quad F = 4 . L . T \left(\delta + \alpha\right) \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

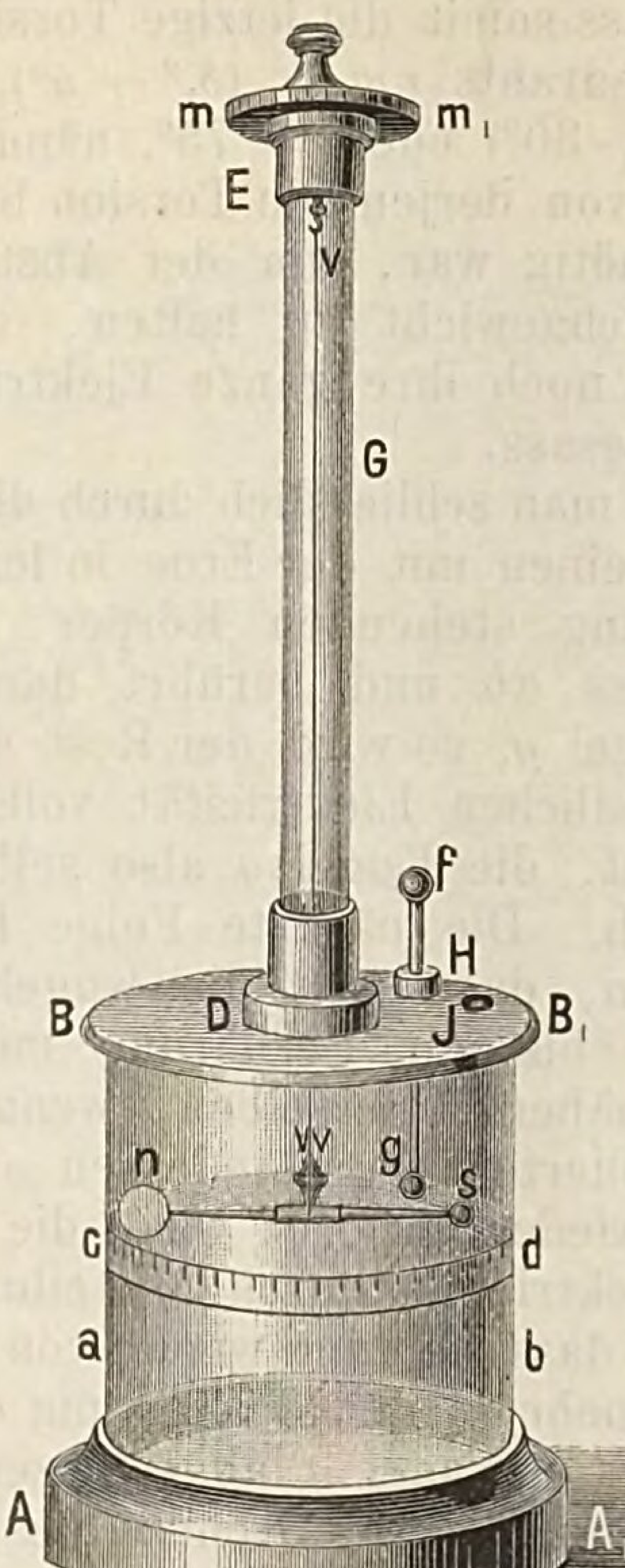
Legt man der Definition des Torsionskoeffizienten das absolute Masssystem zu Grunde, so erhält man nach der Erkl. 745 die Relation:

$$3). \quad F = 4 . L . T \cdot \frac{\delta + \alpha}{57^0\,17'\,45''} \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

Erkl. 777a. Ausführliches über die Auflösung von sogen. goniometrischen Gleichungen, das sind Gleichungen, in welchen goniometrische Funktionen unbekannter Winkel vorkommen, findet man in Kleyers Lehrb. der Goniometrie.

Frage 243. Auf welche Weise kann man mit Hülfe der Coulombschen Torsionswage das in Antw. der Frage 238 aufgestellte zweite Gesetz nachweisen?

Figur 246.



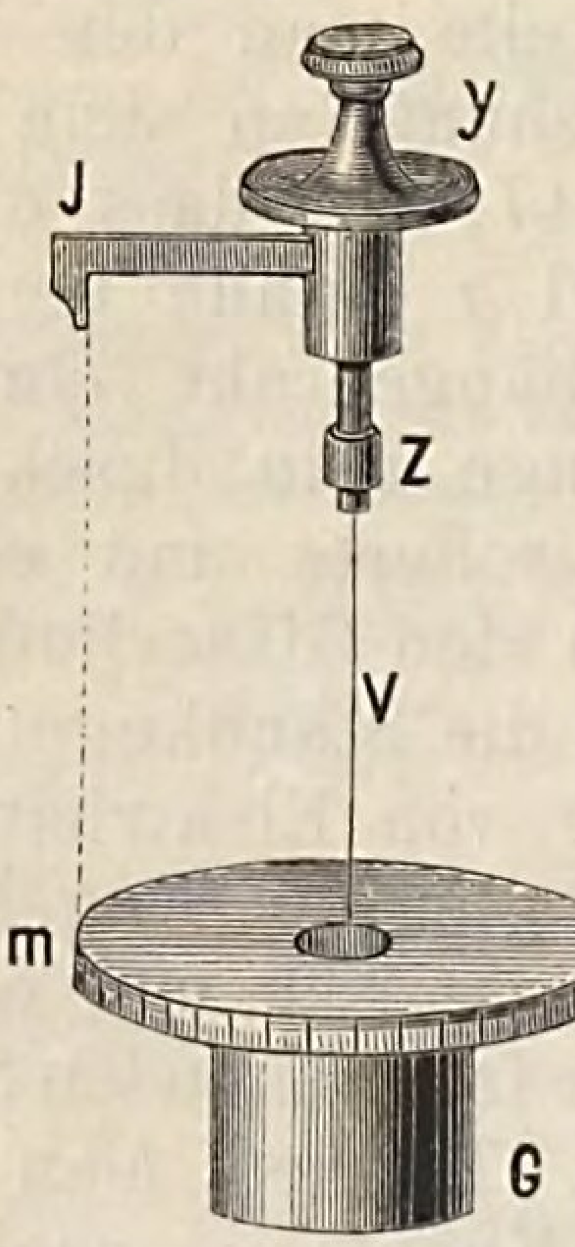
Antwort. Um mittels der durch die Figur 246 dargestellten Coulombschen Torsionswage das in Antw. der Frage 238 aufgestellte zweite Gesetz, nach welchem die Stärken der Abstossungen gleichnamiger (bezw. die Stärken der Anziehungen ungleichnamiger) aufeinanderwirkender Elektricitätsmengen unter sonst gleichbleibenden Umständen direkt proportional den Produkten der jedesmal aufeinanderwirkenden Elektricitätsmengen sind, verfahre man nach *Coulomb* wie folgt:

Zunächst stelle man den Wagbalken ns durch Drehung an dem Knopf y, siehe Figur 247, so, dass die Kugel s die Standkugel g gerade berührt, und dass der Aufhängedraht ohne Torsion ist; dann bringe man durch die Oeffnung J eine isolierte und elektrisierte Metallkugel in den Glascylinder ab und berühre damit die Standkugel g. Infolge der Mitteilung von Elektricität werden hierdurch die gleichen Kugeln g und s gleich stark elektrisch und es wird die Kugel s von der feststehenden Standkugel g abgestossen. Tordiert man nun durch Drehung des Knopfs y, nach der entgegengesetzten Richtung als die Abstossung der Kugel s vorher erfolgt war, den Aufhängedraht vw so, dass der Wagbalken ns mit seiner ursprünglichen Gleichgewichtslage den bestimmten Winkel α, z. B. den Winkel von 30^0 bildet, so ist, wenn hierzu eine Drehung des Knopfs y um $\delta = 120^0$ erforderlich war, der Aufhängedraht um $(\alpha + \delta)$, bezw. um $(30 + 120)$ oder um 150^0 tordiert.

Bringt man alsdann durch die Oeffnung J eine der Standkugel g ganz gleiche und isolierte Metallkugel in das Glasgefäss ab und berührt damit die Standkugel g, so wird diese eingeführte Kugel durch Mitteilung von der Standkugel g ebenfalls elektrisch und auf der Standkugel g verbleibt nur die Hälfte der ursprünglichen Elektricitätsmenge. Die nächste Folge hiervon wird sein, dass die Kugel s sich etwas der Standkugel g nähert. Stellt man durch Drehung

des Knopfs y, nach derselben Richtung als die Abstossung der Kugel s von der Kugel g erfolgt ist, bezw. durch Verminderung jener ersten Drehung des Knopfs y, den Wagbalken ns wieder so, dass er mit seiner ursprünglichen Gleichgewichtslage wieder den Winkel $\alpha = 30^0$ bildet, so wird man finden, dass das Instrument gegen jene Drehung des Knopfs y von $\delta = 120^0$ nunmehr nur eine Drehung des Torsionskreises von $\delta_1 = 45^0$ zeigt, dass somit die jetzige Torsion des Aufhängedrahts $vw = (\delta_1{}^0 + \alpha^0)$, bezw. $= (45^0 + 30^0)$ oder $= 75^0$, nämlich die Hälfte von derjenigen Torsion beträgt, welche nötig war, um der Abstossung das Gleichgewicht zu halten, als die Kugel g noch ihre ganze Elektricitätsmenge besass.

Figur 247.



Bringt man schliesslich durch die Oeffnung J einen mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Körper in das Glasgefäss ab und berührt damit die Standkugel g, so wird der Rest der auf ihr befindlichen Elektricität vollständig abgeleitet, die Kugel g also selbst unelektrisch. Die nächste Folge hiervon wird sein, dass sich die Kugel s der Kugel g bis zur Berührung mit derselben nähert, derselben, wenn jener nicht isolierte Körper indessen aus dem Gefäss wieder entfernt wird, die Hälfte ihrer Elektricität durch Mitteilung abgibt und dass sie dann wieder von der mit ihr nunmehr wieder gleichnamig elektrisierten Standkugel g abgestossen wird. Stellt man nun durch Drehung des Knopfs y, nach derselben Richtung als die Abstossung der Kugel s von der Kugel g erfolgt ist, bezw. durch abermalige Verminderung jener ersten Drehung des Knopfs y, den Wagbalken ns wieder so, dass er mit seiner ursprünglichen Gleichgewichtslage den Winkel $\alpha = 30^0$ bildet, so wird man finden, dass das Instrument gegen jene erste Drehung des Knopfs y von $\delta = 120^0$, bezw. gegen jene zweite Drehung des Knopfs y von $\delta_1 = 45^0$ nunmehr nur eine Drehung des Torsionskreises von $\delta_2 = 7^0$ zeigt, dass somit die jetzige Torsion des Aufhängedrahts $vw = (\delta_2{}^0 + \alpha^0)$, bezw.

$= (7^{\circ} + 30^{\circ})$ oder $= 37^{\circ}$, nämlich nur ein Viertel von derjenigen Torsion beträgt, welche nötig war, um der Abstossung das Gleichgewicht zu halten, als die Kugel g noch ihre ganze Elektricitätsmenge besass.

Ist also die gegenseitige Abstossung der auf den Kugeln g und s ursprünglich vorhandenen und gleichen Elektricitätsmengen von je m und $m_1 = F$; die gegenseitige Abstossung der auf den Kugeln g und s bei dem zweiten Experiment vorhandenen Elektricitätsmengen von $\frac{m}{2}$ und $m = F_1$, und ist ferner die gegenseitige Abstossung der auf den Kugeln g und s bei dem dritten Experiment vorhandenen Elektricitätsmengen $\frac{m}{2}$ und $\frac{m}{2} = F_2$, so ergeben sich aus vorstehendem die Relationen:

a). . . $F : F_1 = 2 : 1$

und

b). . . $F : F_2 = 4 : 1$

Da aber auch zwischen den Produkten der in den einzelnen Fällen aufeinanderwirkenden Elektricitätsmengen bezw. die Proportionen:

c). . . $m \cdot m : m \cdot \frac{m}{2} = 2 : 1$

und

d). . . $m \cdot m : \frac{m}{2} \cdot \frac{m}{2} = 4 : 1$

bestehen, so ergeben sich aus diesen vier Proportionen die zwei weiteren Proportionen:

e). . . $F : F_1 = m \cdot m : m \cdot \frac{m}{2}$

und

f). . . $F : F_2 = m \cdot m : \frac{m}{2} \cdot \frac{m}{2}$

d. h.: wirken aus einer und derselben Entfernung das einemal die Elektricitätsmengen m und m_1, das andremal die Elektricitätsmengen m_2 und m_3 aufeinander, so verhalten sich die Intensitäten (Stärken) der diesbezüglichen Abstossungen (bezw. Anziehungen) unter sonst gleichbleibenden Umständen wie die Produkte $m . m_1$ und $m_2 . m_3$ der jedesmal aufeinanderwirkenden Elektricitätsmengen.

Erkl. 778a. Durch die in Antwort der Frage 238 aufgestellten und vorstehend bewiesenen Grundgesetze zwischen den Abstossungen und Anziehungen gewisser Elektricitätsmengen, welche man sich in Punkten konzentriert denken kann und welche aus beliebigen Entfernungen aufeinander wirken, ist die Möglichkeit gegeben, die Wirkungen zweier beliebiger elektrischen Körper aufeinander mathematisch zu bestimmen und zwar sobald man die Form der betreffenden Körper und die Art der Verteilung der Elektricität auf deren Oberflächen kennt, indem man nach jenen Gesetzen die Intensitäten der von Punkt zu Punkt der beiden Körper aufeinanderwirkenden elektrischen Kräfte und dann nach den Gesetzen der Mechanik die Resultante dieser Kräfte bestimmen kann.

2). Ueber die Messung von Elektricitätsmengen.

Frage 244. In welcher Weise kann man Elektricitätsmengen im allgemeinen messen?

Erkl. 779. In welcher Weise man Elektricitätsmengen vergleichend, bezw. nach relativem Mass messen kann, sei durch folgende Beispiele erläutert.

1). Hat man zwei ganz gleiche isolierte Metallkugeln *A* und *B*, und man elektrisiert dieselben, währenddem sie sich berühren, so werden sich auf beiden Metallkugeln gleiche Elektricitätsmengen ansammeln, da Metall die Elektricität sehr gut leitet. Nimmt man nun eine dieser Kugeln, z. B. die Kugel *B*, und berührt damit eine dritte isolierte Kugel *C*, welche den beiden ersteren ganz gleich ist, so wird derselben die Hälfte der auf der Kugel *B* befindlichen Elektricität mitgeteilt, die Kugel *C* wird also die Hälfte der Elektricitätsmenge der Kugel *A* besitzen; berührt man ferner noch mit der Kugel *C* eine vierte isolierte und jenen Kugeln gleiche Kugel *D*, so wird derselben die Hälfte der auf der Kugel *C* befindlichen Elektricität mitgeteilt und die Kugel *D* wird hiernach $^1/_4$ der Elektricitätsmenge der Kugel *A* besitzen, u. s. f.

Man kann also die Elektricitätsmengen, welche sich auf den Kugeln *B*, *C* und *D* befinden, messen durch die Elektricitätsmenge, welche sich auf der Kugel *A* unverändert befand, und eine solche Messung nennt man eine vergleichende Messung oder eine Messung nach relativem Mass.

2). Nimmt man an, dass durch eine gewisse Reibung eine bestimmte Menge Elektricität erregt wird, und man reibt ein Stück eines Glasstabs und überträgt die erregte Elektricität auf eine isolierte Metallkugel, so dass keine Elektricität mehr auf dem Glasstab zurückbleibt, reibt dann dasselbe Stück des Glasstabs wiederum genau in derselben Weise wie vorher und überträgt wiederum die erregte Elektricität auf jene Kugel, so wird diese isolierte Metallkugel nunmehr eine doppelt so grosse Elektricitätsmenge enthalten als vorher. Wie im ersten Beispiel kann man also auch in dieser Weise die auf der isolierten Metallkugel angesammelte Elektricität durch jene auf dem Glasstab erregte Elektricität vergleichend oder relativ messen, und umgekehrt.

Erkl. 780. Will man die Messung einer Elektricitätsmenge nach einer ganz bestimmten Einheit und nicht nach einer willkürlich gewählten Einheit vornehmen, so muss man von der Natur der Beschaffenheit, der Ursachen der Elektricität etc., welche an und für sich noch unbekannt sind, absehen und nur die Wirkungen der Elektricität in Betracht ziehen, welche ganz bestimmten Gesetzen unterworfen sind. Das von *Coulomb* aufgestellte und in der Erkl. 734 erwähnte Fundamental-

Antwort. Elektricitätsmengen kann man im allgemeinen auf zweierlei Weise messen, nämlich:

a). dadurch, dass man eine Elektricitätsmenge mit einer andern Elektricitätsmenge vergleicht, also dadurch, dass man eine willkürlich zu wählende Elektricitätsmenge als Einheit annimmt, und untersucht, wieviele solcher willkürlich gewählter Einheiten jene zu messende Elektricitätsmenge enthält, dass man also nach einem sogenannten relativen Mass misst (siehe die Erkl. 779); oder

b). dadurch, dass man der betreffenden Messung keine willkürliche Einheit, sondern eine ganz bestimmte Einheit zu Grunde legt, und dementsprechend zur Einheit der Elektricitätsmengen diejenige Elektricitätsmenge annimmt, welche auf eine, ihr der Art und Grösse nach gleiche Elektricitätsmenge aus der Entfernungseinheit eine abstossende Kraft ausübt, die gleich der Krafteinheit ist, dass man also nach einem absoluten Mass misst (siehe die Erkl. 780—782).

gesetz der Abstossung und Anziehung von Elektricitätsmengen, liefert hierzu die Grundlage, indem sich nach diesem Gesetz die abstossenden und anziehenden Wirkungen der elektrischen Kräfte (welche man auch durch jede andre Kraft hervorgerufen denken kann) mit den aufeinanderwirkenden Elektricitätsmengen und den Entfernungen derselben in ganz bestimmter Weise ändern, und man deshalb auch umgekehrt aus diesen Wirkungen auf die Grössen der Elektricitätsmengen, welche diese Wirkungen hervorrufen, nicht allein vergleichend (relativ) schliessen, also dieselben nicht allein nach relativem Mass, sondern auch nach absolutem Mass messen kann, wie nebenstehend unter b). angegeben ist.

Erkl. 781. In dem absoluten Masssystem versteht man im allgemeinen unter der Krafteinheit diejenige Kraft, welche der Masseneinheit in der Zeiteinheit die Beschleunigungseinheit erteilt. Bei elektrischen Messungen nach absolutem Mass wird als Entfernungseinheit der Centimeter, als Masseneinheit die Gramm-Masse und als Zeiteinheit die Sekunde angenommen, und man versteht dementsprechend unter der Krafteinheit*) die Kraft, welche der Gramm-Masse in 1 Sekunde die Geschwindigkeit (Beschleunigung) von 1 cm erteilt.

(Siehe Kleyers Lehrbuch der mechanischen u. elektrischen Masse, des Centimeter-, Gramm-, Sekundensystems.)

*) In der Elektricitätslehre führt die Krafteinheit den Namen Digne.

Erkl. 782. Nach nebenstehender Antw. und nach der Erkl. 781 versteht man unter der Einheit der Elektricitätsmenge, nach absolutem Mass, die Elektricitätsmenge, welche in einem Punkte konzentriert gedacht, bezw. welche auf der Oberfläche einer kleinen Kugel verteilt, eine ihr gleichen und mit derselben, jener gleichartigen, Elektricitätsmenge geladenen Kugel, deren Mittelpunkt von dem Mittelpunkt der ersteren um 1 cm entfernt ist, mit einer Kraft abstösst, welche der Masse von 1 Gramm in einer Sekunde die Geschwindigkeit (Beschleunigung) von 1 cm erteilt.

Frage 245. In welcher Weise kann man mittels der Coulombschen Drehwage Elektricitätsmengen vergleichend, bezw. nach relativem Mass messen?

Antwort. Will man mittels der Coulombschen Torsionswage Elektricitätsmengen nach relativem Mass messen, oder, was dasselbe sagt, zwei Elektricitätsmengen m und m_1 vergleichen, so verfahre man wie folgt:

Zunächst gebe man dem Wagebalken ns, siehe Figur 246, eine solche Stellung, dass die Kugel s in der Nähe der Standkugel g zu stehen kommt, ohne die-

selbe jedoch zu berühren; dann nehme man die Standkugel g heraus und elektrisiere zunächst die Kugel s des Wagbalkens durch Mitteilung mit der Elektricität, von der man gewisse Mengen m und m_1 vergleichend messen will, und steckt dann erst die Standkugel g, nachdem sie mit einer Menge m dieser Elektricität geladen ist, in die Oeffnung H wieder ein. Die nächste Folge hiervon wird sein, dass die Kugel s sofort von der Kugel g abgestossen wird. Nun drehe man den Knopf y um einen solchen Winkel δ in der der Abstossung der Kugel s entgegengesetzten Richtung, dass die Kugeln s und g um einen bestimmten Bogen, z. B. um α^0 entfernt sind; nimmt man die Entfernung der Kugeln s und g in dieser Lage des Wagbalkens ns als Entfernungseinheit an, so hat man für die Abstossung F dieser Kugeln nach der Erkl. 736, wenn man die Elektricitätsmenge, welche sich auf der Kugel s befindet, mit E bezeichnet und $e = 1$ setzt:

a). $F = E.m$

Setzt man in diese Gleichung nach der Erkl. 778:

b). . $F = 4L \cdot T\left(\delta + \alpha\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$

so erhält man:

1). $E.m = 4L \cdot T\left(\delta + \alpha\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$

Teilt man nunmehr der Standkugel g eine andre Elektricitätsmenge, z. B. die Elektricitätsmenge m_1 mit, gibt dem Knopf y der Wage eine Drehung von $\delta_1{}^0$ und bestimmt bei einer andern hiernach erfolgenden Gleichgewichtslage des Wagbalkens ns den Ablenkungswinkel α_1, so erhält man in analoger Weise:

2). $E.m_1 = 4L \cdot T\left(\delta_1 + \alpha_1\right) \cdot \sin\frac{\alpha_1}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2}$

Aus den Gleichungen 1). und 2). erhält man also durch Division für das Verhältnis der Elektricitätsmengen m und m_1

3). $m : m_1 = \left(\delta + \alpha\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} : \left(\delta_1 + \alpha_1\right) \cdot \sin\frac{\alpha_1}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2}$

und hiernach kann man aus den zu machenden Ablesungen für α, α_1, δ und δ_1 die Grösse des Verhältnisses $m:m_1$ bestimmen.

Eine Vereinfachung zur Bestimmung dieses Verhältnisses erreicht man dadurch, dass man bei den hierzu erforderlichen Beobachtungen die Drehung δ_1 des Knopfes y bei der zweiten Beobachtung so gross macht, dass $\alpha_1 = \alpha$ wird, dementsprechend erhält man aus Gleichung 3). die einfachere Form:

4). . . $m:m_1 = (\delta + \alpha):(\delta_1 + \alpha)$

Eine weitere Vereinfachung zur Bestimmung jenes Verhältnisses $m:m_1$ kann man weiter noch dadurch erreichen, dass man dem Wagbalken ns eine solche Stellung gibt, dass, ehe eine Abstossung der Kugeln g und s erfolgt, derselbe bereits um den Winkel α abgelenkt ist und dass man nach den Abstossungen den Aufhängedraht so tordiert, dass der Wagbalken ns stets wieder jene um α abgelenkte Lage einnimmt; dementsprechend erhält man aus Gleichung 4). die noch einfachere Form:

5). . . . $m:m_1 = \delta:\delta_1$

Man kann also nach einer der Gleichungen 3)., 4). oder 5). verschiedene Elektricitätsmengen m und m_1, welche der Standkugel g mitgeteilt werden, vergleichend messen, hierbei ist allerdings vorausgesetzt, dass die Elektricität auf der Kugel s während der hierzu erforderlichen Beobachtungen unverändert bleibt, was nicht ganz der Fall ist, indem sich nämlich die Elektricität mit der Zeit der umgebenden Luft mitteilt (s. Antw. der folgenden Frage u. Erkl. 783).

Frage 246. In welcher Weise kann man mittels der Coulombschen Drehwage verschiedene Elektricitätsmengen, welche sich auf der beweglichen Kugel s befinden, vergleichend, bezw. nach relativem Mass messen?

Antwort. Um mittels der Coulombschen Drehwage zwei verschiedene, auf der beweglichen Kugel s befindliche Elektricitätsmengen vergleichend, bezw. nach relativem Mass zu messen, benutze man als Standkugel eine isolierte Kugel g_1, welche etwas grösser ist als die bewegliche Kugel s und verfahre im allgemeinen wie folgt:

Zunächst gibt man, analog wie in voriger Antwort erwähnt, dem Wagbalken ns, siehe Figur 246, eine solche Stellung, dass die Kugel s die Standkugel g_1 gerade berührt und dass der Aufhängedraht vw ohne Torsion ist; dann bringt man in die Oeffnung J eine isolierte und elektrisierte Kugel P und macht die Kugeln s und g_1 durch innige Berührung mit dieser Kugel elektrisch. Da nun die Kugeln s und g_1 von gleicher Oberflächenbeschaffenheit, aber von verschiedener Grösse sind, so wird offenbar die Kugel s nur einen Teil der Elektricitätsmenge aufnehmen, welche die Kugel g_1 aufnimmt, d. h. nimmt z. B. die Kugel s die Elektricitätsmenge M auf, so wird die Kugel g_1 die Elektricitätsmenge $b.M$ aufnehmen, und beide Kugeln werden sich abstossen. Dreht man nun den Knopf y um den Winkel δ so, dass der Wagbalken ns mit seiner ursprünglichen Lage den Winkel α bildet, dass also die Torsion des Aufhängedrahts $= (\delta + \alpha)$ ist, so besteht nach der in voriger Antwort aufgestellten Gleichung 1). die Beziehung:

$$1). \quad \ldots M \cdot bM = 4L \cdot T\left(\delta + \alpha\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

Stellt man in analoger Weise eine zweite Beobachtung an, elektrisiert aber die Berührungskugel P stärker, so dass die Kugel s_1 die Elektricitätsmenge M_1 aufnimmt, wenn die Kugel g_1 die Elektricitätsmenge $b.M_1$ aufnimmt, so erhält man die der Gleichung 2). in voriger Antwort analoge Gleichung:

$$2). \quad M_1 \cdot bM_1 = 4L \cdot T\left(\delta_1 + \alpha_1\right) . \sin\frac{\alpha_1}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2}$$

Aus den Gleichungen 1). und 2). erhält man schliesslich durch Division:

$$\frac{M^2}{M_1^2} = \frac{\left(\delta + \alpha\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}{\left(\delta_1 + \alpha_1\right) \cdot \sin\frac{\alpha_1}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2}}$$

oder:

$$3). \quad \ldots \frac{M}{M_1} = \sqrt{\frac{\left(\delta + \alpha\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}{\left(\delta_1 + \alpha_1\right) \cdot \sin\frac{\alpha_1}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2}}}$$

Erkl. 783. Mit Hülfe des in nebenstehender Antwort angegebenen Verfahrens kann man bei der in voriger Antwort angegebenen vergleichenden Messung von Elektricitätsmengen, welche sich auf der Standkugel g befinden, die Veränderlichkeit der Elektricität auf der beweglichen Kugel s berücksichtigen.

Befindet sich nämlich auf der Standkugel g die Elektricitätsmenge m, auf der beweglichen Kugel s die Elektricitätsmenge M, und nimmt man an, man habe vor der Abstossung dem Wagbalken eine um α^0 abgelenkte Lage gegeben, dann nach der Abstossung den Aufhängedraht so um δ^0 tordiert, dass der Wagbalken wiederum um α^0 abgelenkt ist (wie für die in nebenstehender Antwort entwickelte Gleichung 5). angenommen wurde), so besteht nach der in Antwort der Frage 245 aufgestellten Gleichung 1). die Relation:

$$1). \ldots \quad m \cdot M = 4\, L \cdot T \cdot \delta \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

Gibt man alsdann der Standkugel g die Elektricitätsmenge m_1 und hat bei diesem Versuch die bewegliche Kugel s indessen die Elektricitätsmenge M_1 angenommen, und man muss den Aufhängedraht um $\delta_1{}^0$ tordieren, bis wieder der Wagbalken $n\,s$ seine um α^0 abgelenkte Lage annimmt, so besteht die analoge Gleichung:

$$2). \ldots \quad m_1 \cdot M_1 = 4\, L \cdot T \cdot \delta_1 \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

Durch Division der Gleichungen 1). und 2). erhält man:

$$\frac{m}{m_1} \cdot \frac{M}{M_1} = \frac{\delta}{\delta_1}$$

und hieraus erhält man für das gesuchte Verhältnis $m : m_1$:

$$3). \ldots \quad \frac{m}{m_1} = \frac{\delta}{\delta_1} \cdot \frac{M_1}{M}$$

Man hat also zur Bestimmung des gesuchten Verhältnisses $m : m_1$ den Quotienten $\frac{\delta}{\delta_1}$ mit dem umgekehrten (reciproken) Wert des nach nebenstehender Antwort zu bestimmenden Verhältnisses $\frac{M}{M_1}$ zu multiplizieren.

und hiernach kann man aus den vorzunehmenden Ablesungen für α, α_1, δ und δ_1 die Grösse des Verhältnisses $M : M_1$ bestimmen.

Eine Vereinfachung zur Bestimmung dieses Verhältnisses erreicht man dadurch, dass man bei den hierzu erforderlichen Beobachtungen die Drehung δ_1 des Knopfes y bei der zweiten Beobachtung so gross macht, dass $\alpha_1 = \alpha$ wird, dann erhält man aus Gleichung 3).:

$$4). \ldots \quad M : M_1 = \sqrt{\delta + \alpha} : \sqrt{\delta_1 + \alpha}$$

Eine weitere Vereinfachung zur Bestimmung jenes Verhältnisses $M : M_1$ kann man ferner noch dadurch erreichen, dass man dem Wagbalken $n\,s$ eine solche Stellung gibt, dass, ehe eine Abstossung der Kugeln g_1 und s erfolgt, derselbe bereits um den Winkel α abgelenkt ist und dass man nach den Abstossungen den Aufhängedraht so tordiert, dass der Wagbalken $n\,s$ stets wieder jene um α abgelenkte Lage einnimmt; sind also die Torsionen $= \delta$ und δ_1, so erhält man dementsprechend aus der Gleichung 4). die noch einfachere Formel:

$$5). \ldots \quad M : M_1 = \sqrt{\delta} : \sqrt{\delta_1}$$

d. h.: Wird also einmal den Kugeln g und s zusammen die Elektricitätsmenge M, ein andermal die Elektricitätsmenge M_1 mitgeteilt und war das erstemal eine Torsion um δ^0, das zweitemal eine Torsion um $\delta_1{}^0$ des Aufhängedrahts erforderlich, um dem infolge der jedesmaligen Abstossungen abgelenkten Wagbalken wieder seine ursprüngliche Lage zu geben und bezeichnet man den Torsionskoeffizienten des Aufhängedrahts mit T, so sind die durch jene Torsionen δ und δ_1 dem Aufhängedraht erteilten Drehungsmomente nach den Erkl. 742 und 744 bezw. $= T \cdot \delta$ und $T \cdot \delta_1$ und man kann an Stelle der Gleichung 5). die Gleichung

$$6). \ldots \quad M : M_1 = \sqrt{T \cdot \delta} : \sqrt{T \cdot \delta_1}$$

setzen und sagen: Die Elektricitätsmengen M und M_1 sind direkt proportional den Quadratwurzeln aus den dem Aufhängedraht erteilten Drehungsmomenten.

Frage 247. In welcher Weise kann man mittels der Coulombschen Drehwage Elektricitätsmengen nach absolutem Maas messen?

Erkl. 784. Die Messung von Elektricitätsmengen nach absolutem Mass findet nur sehr selten und nur zu ganz besonderen Zwecken statt.

Erkl. 785. Um den Torsionskoeffizienten eines Aufhängedrahts in absolute Krafteinheiten auszudrücken (siehe die Erkl. 745, 781 und 782), verfährt man nach *Coulomb* im allgemeinen wie folgt:

An das untere Ende des betreffenden Aufhängedrahts wird ein Körper, dessen Gewicht bekannt ist und der eine solche Form hat, dass er genau berechnet werden kann, aufgehängt; dann wird der Draht tordiert und der an dem Aufhängedraht befestigte Körper in kleine (isochrone) Schwingungen versetzt. Beachtet man nun, dass diese kleinen isochronen Schwingungen denselben Gesetzen unterliegen als die eines in vertikaler Ebene schwingenden Pendels, und dass zwischen der Zeitdauer t, dem Trägheitsmoment K und dem Drehungsmoment D, welches die beschleunigende Kraft der Erde dem Pendel in einer zur Richtung der wirkenden Kraft senkrechten Lage erteilt, die Beziehung:

a). . . . $t = \pi \cdot \sqrt{\frac{K}{D}}$ (siehe Erkl. 756)

besteht, dass also auch in analoger Weise für jenen am tordierten Draht schwingenden Körper, dessen Schwingungen durch die Torsionskraft des Drahts hervorgerufen werden, die Relation:

b). . . . $t = \pi \cdot \sqrt{\frac{K}{T}}$

bezw. die sich hieraus ergebende Relation:

c). . . . $T = \pi^2 \cdot \frac{K}{t^2}$

besteht, wenn man in jener Gleichung a). an Stelle von D den Torsionskoeffizienten T (siehe die Erklärung 745) setzt, und man bestimmt die Schwingungsdauer t, welche jener Körper unter dem Einfluss der Torsion des Drahts macht und berechnet nach der Erkl. 786 das Trägheitsmoment K des oscillierenden Körpers, so erhält man mittels der Gleichung c). den Torsionskoeffizienten T, d. h. man erhält in bezug auf das absolute Masssystem (siehe Erkl. 745) diejenige Kraft T, welche, in absolute Krafteinheiten ausgedrückt, an einem der Längeneinheit gleichen Hebelarm angreifend, der Torsion des Drahts das Gleichgewicht hält, wenn der Endpunkt des Hebelarms einen der Längeneinheit gleichen Bogen beschrieben hat, wenn also nach der Erkl. 745 der Torsionswinkel $= 57^0\,17'\,45''$ beträgt.

Antwort. Will man mittels der Coulombschen Drehwage Elektricitätsmengen nach absolutem Mass messen (siehe Erkl. 784), so kann man wie folgt verfahren:

Zunächst gebe man dem Wagbalken ns, siehe Figur 246, eine solche Stellung, dass die Kugel s in die Nähe der ihr gleichen Standkugel g zu stehen kommt, ohne dieselbe jedoch zu berühren, dann nehme man die Standkugel g heraus und teile derselben die nach absolutem Mass zu messende Elektricitätsmenge mit, welche z. B. $= 2m$ sei; berühre dann mit derselben die ihr gleiche Kugel s, wonach sich auf jeder der Kugeln die Elektricitätsmenge m befinden wird, und bringe die Standkugel g wieder an ihrem Platz in der Oeffnung H an. Tordiert man alsdann, nach der erfolgenden Abstossung der Kugel s, den Aufhängedraht um einen Winkel δ so, dass die Ablenkung des Wagbalkens von seiner ursprünglichen Ruhelage gleich dem bestimmten Winkel α ist, so besteht nach der in Antwort der Frage 245 aufgestellten Gleichung 1). die Relation:

$$m \cdot m = 4L \cdot T\left(\delta + \alpha\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

oder:

$$m^2 = 4 \cdot L \cdot T\left(\delta + \alpha\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

mithin:

1). $m = \sqrt{4 . L \cdot T\left(\delta + \alpha\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}$

und nach dieser Gleichung erhält man die Elektricitätsmenge m in das absolute Masssystem ausgedrückt, wenn man für T den nach der Erkl. 745 zu bestimmenden, in absolute Krafteinheiten ausgedrückten Wert substituiert, und zwar erhält man hiernach jene Menge m in solche Einheiten ausgedrückt, deren jede eine Elektricitätsmenge vorstellt, die in einem Punkt konzentriert gedacht, auf eine andre ihr gleiche, ebenfalls in einem Punkt konzentriert gedachte Elektricitätsmenge aus der Entfernungseinheit eine Kraft ausübt,

Erkl. 786. Die Bestimmung des Trägheitsmoments (siehe Erkl. 765) kann, wenn ein Körper von geometrisch bestimmbarer Gestalt ist und aus einer homogenen Masse besteht, leicht durch Rechnung gefunden werden. Da es jedoch hierbei auf die spezielle Form des Körpers ankommt, so kann keine allgemeine Formel angegeben werden.

Ist z. B. der an dem Aufhängedraht befestigte Körper eine dünne Metallscheibe, und ist dieselbe so angebracht, dass sie sich um einen Durchmesser als vertikale Drehachse dreht, so hat man für das Trägheitsmoment K:

$$1). \quad \ldots \quad K = \frac{M\, r^2}{4}$$

wenn M die Masse und r den Radius der Scheibe bedeutet.

Setzt man nach der Erkl. 763 für die Masse M

$$M = \frac{p}{g}$$

so erhält man:

$$2). \quad \ldots \quad K = \frac{p \cdot r^2}{4 \cdot g}$$

Erkl. 787. Drückt man in der in der Erkl. 786 aufgestellten Formel:

$$K = \frac{p \cdot r^2}{4 \cdot g}$$

p in Gramm, r in Centimeter aus und berücksichtigt, dass $g = 981$ cm ist, und setzt diesen Wert für K in die in der Erkl. 785 aufgestellte Formel:

$$T = \pi^2 \cdot \frac{K}{t^2}$$

so erhält man die an dem Hebelarm von 1 cm angreifende Kraft T in solche absolute Krafteinheiten ausgedrückt, wie sie den elektrischen Messungen nach dem Centimeter-, Gramm-, Sekundensystem zu Grunde gelegt werden.

die gleich der absoluten Krafteinheit ist (siehe die Erkl. 781 und 782).

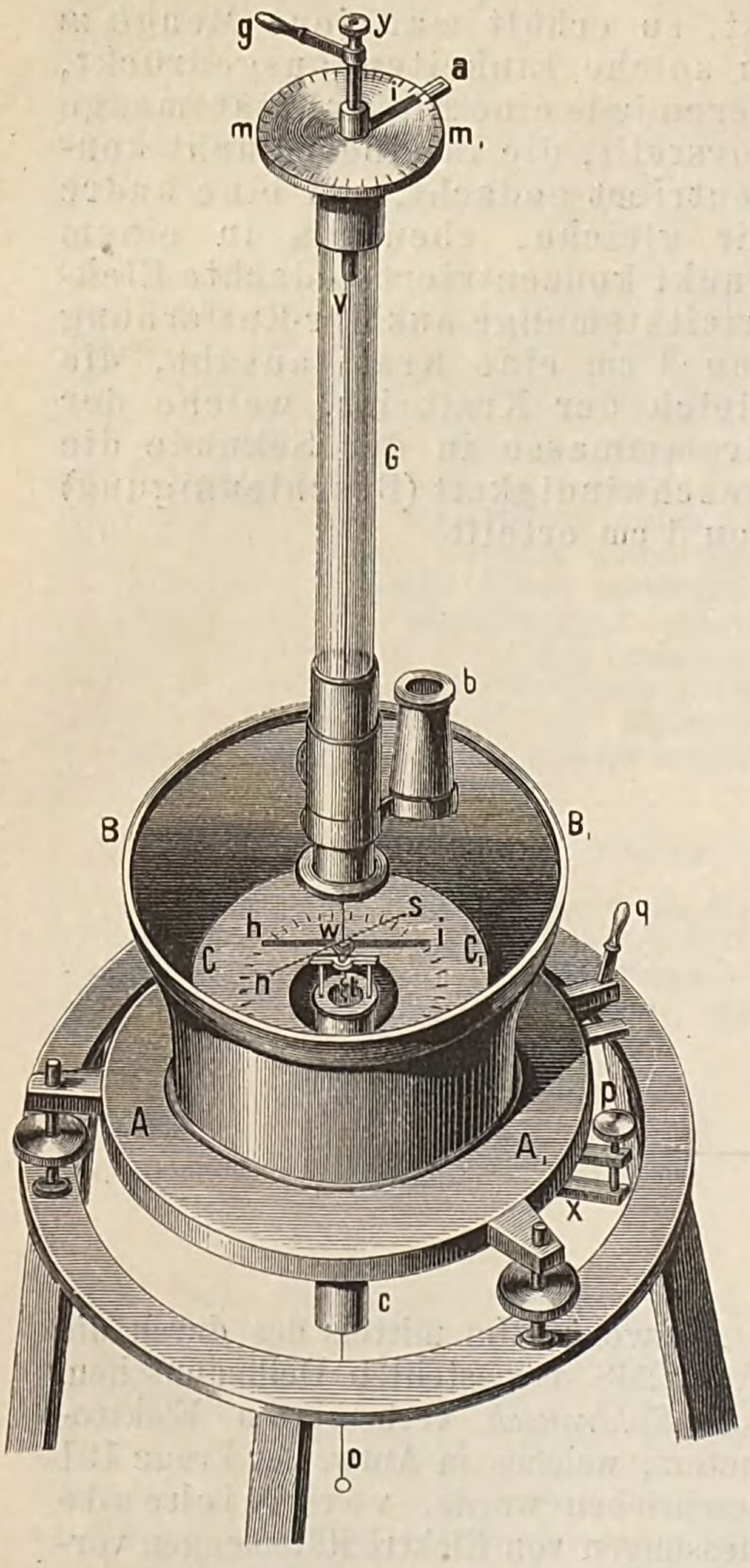
Legt man nach den Erkl. 781 und 787 dem absoluten Masssystem das sogen. Centimeter-, Gramm-, Sekundensystem zu Grunde, wie es bei den elektrischen Messungen üblich ist, so erhält man jene Menge m in solche Einheiten ausgedrückt, deren jede eine Elektricitätsmenge vorstellt, die in einem Punkt konzentriert gedacht, auf eine andre ihr gleiche, ebenfalls in einem Punkt konzentriert gedachte Elektricitätsmenge aus der Entfernung von 1 cm eine Kraft ausübt, die gleich der Kraft ist, welche der Grammmasse in der Sekunde die Geschwindigkeit (Beschleunigung) von 1 cm erteilt.

Frage 248. Auf welche Weise kann man mittels des in Antw. der Frage 191 beschriebenen Dellmannschen, von *Kohlrausch* verbesserten Elektrometers vergleichende Messungen von Elektricitätsmengen vornehmen?

Antwort. Um mittels des durch die Figur 248 dargestellten Dellmannschen, von *Kohlrausch* verbesserten Elektrometers, welches in Antw. der Frage 191 beschrieben wurde, vergleichende Messungen von Elektricitätsmengen vorzunehmen, beachte man folgendes:

Das Dellmannsche Elektrometer ist an sich eine Torsionswage, ähnlich wie die Coulombsche Torsionswage, die Messungen können jedoch nicht in der Weise wie mittels der Coulombschen Drehwage vorgenommen werden, da die abstossenden Elektricitäten nicht wie bei der

Figur 248.



Coulombschen Drehwage in zwei Punkten, bezw. in zwei kleinen gleichen Kugeln konzentriert sind, sondern auf dem Silberstäbchen hi und der Nadel ns, siehe Figur 248, verteilt sind; in welcher Weise, das ist unbekannt.

Um das der Coulombschen Torsionswage zu Grunde liegende Gesetz der elektrischen Abstossungen (s. Erkl. 734) auch bei vergleichenden Messungen mittels des Dellmannschen Elektrometers in Anwendung bringen zu können, kommt es darauf an, dass bei jeder zu machenden Beobachtung die Verteilung der Elektricität immer dieselbe ist, dass man also die aufeinanderwirkenden und sich abstossenden Elektricitäten immer in denselben Punkten konzentriert denken kann; dies darf bei dem Dellmannschen Elektrometer angenommen werden, wenn man den Aufhängefaden stets so tordiert, dass die Nadel ns mit dem Streifchen hi stets einen und denselben Winkel, z. B. stets einen Winkel von 10° bildet.

Nimmt man hiernach diejenige, dem Instrument mitgeteilt gedachte Elektricitätsmenge gleich der Einheit an, welche einen Ausschlagswinkel der Nadel ns von 10° hervorbringt und erleidet der Aufhängedraht für eine dem Instrument in Wirklichkeit mitgeteilte Elektricitätsmenge m eine Torsion von δ^0, so besteht nach der in Antwort der Frage 246 aufgestellten Gleichung 5). die Relation:

$$\frac{m}{1} = \frac{\sqrt{\delta}}{\sqrt{10}}$$

oder:

$$1). \quad . \quad . \quad m = \sqrt{\frac{\delta}{10}}$$

Um hiernach die Elektricitätsmenge m in jene gedachte Einheit, die gleich der Elektricitätsmenge ist, welche eine Torsion, bezw. einen Ablenkungswinkel von 10° hervorruft, auszudrücken, bezw. jene Elektricitätsmenge m hiernach berechnen zu können, stellte *Kohlrausch* für sein Instrument Tabellen auf, in welchen die Torsionen δ angegeben sind, die erforderlich sind, damit der Ablenkungswinkel = 10°

wird, wenn die Nadel infolge einer dem Instrument mitgeteilten und zu messenden Elektricitätsmenge um irgend einen, an dem Instrument abzulesenden Winkel abgelenkt wurde; man kann also mit Hülfe dieser Tabellen und den an dem Instrument abzulesenden Ablenkungswinkeln der Nadel die Elektricitätsmenge m in jene gedachte Elektricitätsmengeneinheit ausdrücken (siehe die Erkl. 788).

Für eine andre dem Instrument mitgeteilte Elektricitätsmenge m_1, in jene gedachte Einheit ausgedrückt, findet man analog der vorstehenden Gleichung 1).:

$$2). \quad . \quad . \quad m_1 = \sqrt{\frac{\delta_1}{10}}$$

Aus den Gleichungen 1). und 2). erhält man durch Division:

$$3). \quad . \quad . \quad m : m_1 = \sqrt{\delta} : \sqrt{\delta_1}$$

Beobachtet man also die Ablenkungswinkel α und α_1 der Nadel ns, nachdem dem Instrument einmal die Elektricitätsmenge m, ein andermal die Elektricitätsmenge m_1 mitgeteilt wurde, und nimmt aus den Tafeln *Kohlrauschs* die zu den Ablenkungswinkeln α und α_1 gehörigen Winkel δ und δ_1, so kann man nach vorstehender Gleichung 3). beide Elektricitätsmengen m und m_1 vergleichend oder relativ messen, bezw. eine in die andre ausdrücken.

Kohlrausch hat noch weitere Tabellen angefertigt, durch welche auch die durch die Gleichungen 1). bis 3). erforderliche Rechnung überflüssig wird und aus welchen man direkt die Elektricitätsmengen entnehmen kann, welche den zu beobachtenden Ablenkungswinkeln entsprechen.

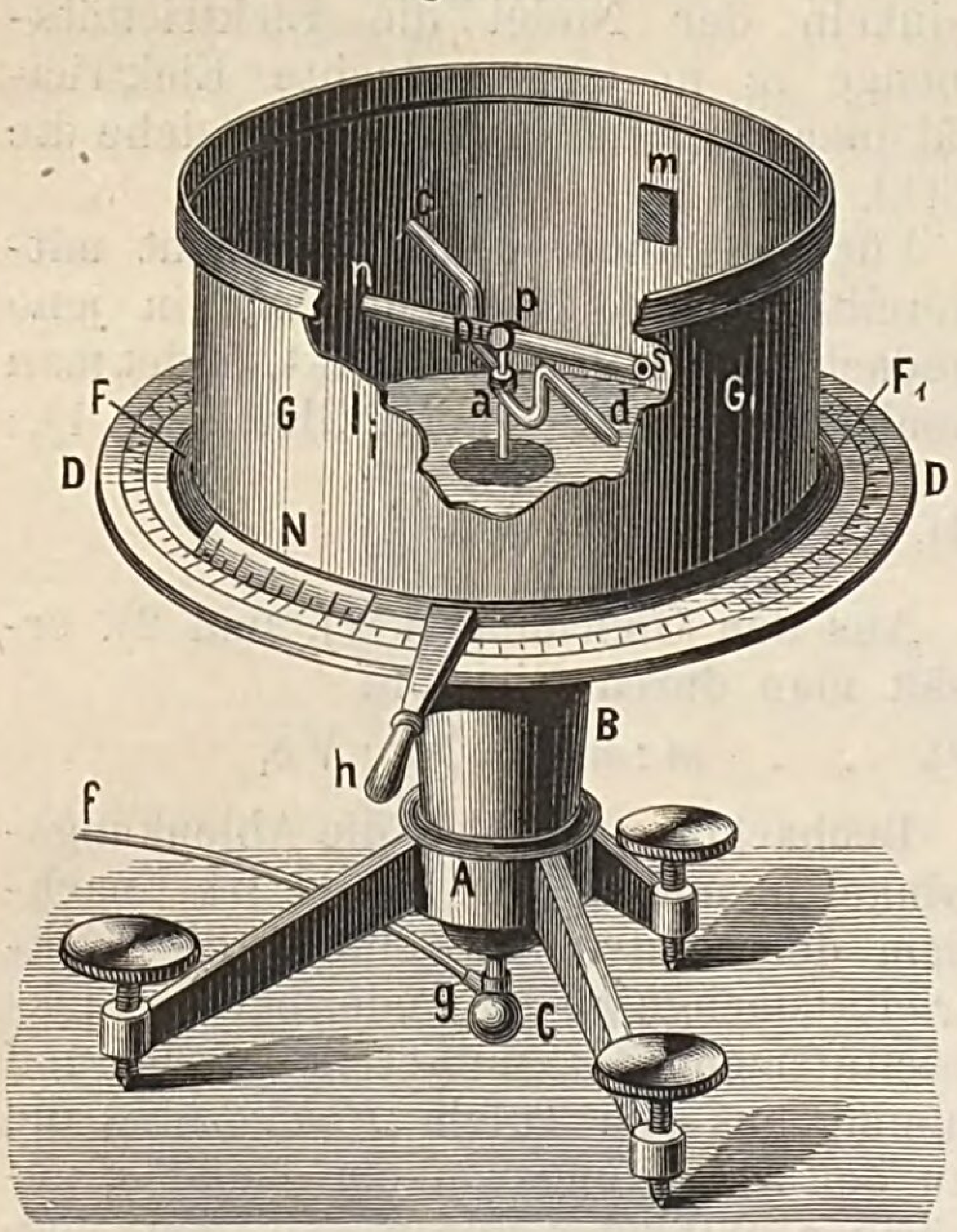
Erkl. 788. Zur Aufstellung der in nebenstehender Antw. erwähnten Tabellen von *Kohlrausch* mussten für das betreffende Instrument ein für allemal die Torsionen bestimmt werden, welche nötig waren, um der Nadel ns eine beliebige Stellung zu geben, wenn dem Instrument irgend eine beliebige Elektricitätsmenge mitgeteilt wurde; indem man aus diesen Beobachtungen die Torsion berechnen kann, welche dem Aufhängedraht erteilt werden muss, um der Nadel wieder eine Ablenkung von 10^0 zu geben, wenn dieselbe um irgend einen Winkel α infolge der elektrischen Abstossung abgelenkt ist.

Frage 249. Auf welche Weise kann man mittels des in Antw. der Frage 196 beschriebenen Sinuselektrometers von *Kohlrausch* vergleichende Messungen von Elektricitätsmengen vornehmen?

Antwort. Um mittels des durch die Figur 249 dargestellten Sinuselektrometers von *Kohlrausch*, welcher in Antwort der Frage 196 bereits beschrieben wurde, vergleichende Messungen von Elektricitätsmengen vorzunehmen, beachte man folgendes:

Das Sinuselektrometer von *Kohlrausch*

Figur 249.



Erkl. 789. Ist eine Magnetnadel um α^0 aus ihrem magnetischen Meridian abgelenkt und bezeichnet man das sog. magnetische Moment der Nadel mit M, die horizontale Intensität des Erdmagnetismus mit T, so hat man für das Drehungsmoment D der Magnetnadel in dieser um α^0 abgelenkten Lage die Relation:

$$D = M \cdot T \cdot \sin \alpha$$

Siehe Kleyers Lehrbücher des Magnetismus und des Elektromagnetismus.

ist an sich eine Torsionswage, ähnlich wie die Coulombsche Torsionswage, die Messungen können jedoch nicht in der Weise wie mittels der Coulombschen Drehwage vorgenommen werden, da die abstossenden Kräfte nicht wie bei der Coulombschen Drehwage in zwei Punkten, bezw. in zwei kleinen gleichen Kugeln konzentriert sind, sondern über dem Messingstäbchen cd und der Magnetnadel ns, siehe Figur 249, verbreitet sind; in welcher Weise, das entzieht sich der Berechnung.

Um nun das der Coulombschen Torsionswage zu Grunde liegende Gesetz der elektrischen Abstossungen (siehe die Erkl. 734) auch bei vergleichenden Messungen mittels des Sinuselektrometers von *Kohlrausch* in Anwendung bringen zu können, kommt es darauf an, dass bei jeder mit diesem Instrument zu machenden Beobachtung die Verteilung der Elektricität immer dieselbe ist, dass man also die aufeinanderwirkenden und sich abstossenden Elektricitäten immer in denselben Punkten konzentriert denken kann; dies darf bei dem Sinuselektrometer angenommen werden, wenn man an dem Handgriff h die Bodenplatte FF_1 mitsamt dem Cylinder GG_1 und dem Messingstäbchen cd stets so dreht, dass die Magnetnadel ns mit dem Messingstäbchen cd stets einen und denselben Winkel, z. B. stets einen Winkel von α^0 bildet.

Nimmt man hiernach diejenige dem Instrument mitgeteilt gedachte Elektricitätsmenge gleich der Einheit an, welche einen Ablenkungswinkel von α^0 der Magnetnadel ns von dem im magnetischen Meridian befindlichen Stäbchen cd hervorbringt, und muss man für eine dem Instrument in Wirklichkeit mitgeteilte Elektricitätsmenge m mittels des Handgriffs h die Bodenplatte FF_1, bezw. den Cylinder GG_1 und das Messingstäbchen cd um den Winkel φ drehen, damit die Visierlinie im wieder senkrecht zur Ebene des Spiegels p wird, bezw. damit die Magnetnadel ns mit dem Stäbchen cd wieder jenen Winkel α bildet, und berücksichtigt man hierbei,

Erkl. 790. Um mittels des Sinuselektrometers genaue Resultate zu erhalten, macht man die in nebenstehender Antwort angeführten Winkelbeobachtungen nicht allein, wenn die Magnetnadel um den Winkel α^0 aus ihrem magnetischen Meridian abgelenkt ist, sondern man macht diese Beobachtungen gleichzeitig auch bei anderen Ablenkungen der Magnetnadel von ihrem magnetischen Meridian, indem man die Magnetnadel auch noch um β^0 und auch noch um γ^0 ablenkt.

Erkl. 791. Will man mittels des Sinuselektrometers von *Kohlrausch* kleine Elektricitätsmengen messen, so wählt man den Winkel α, um welchen die Magnetnadel aus ihrem magnetischen Meridian von den Beobachtungen abgelenkt wird, kleiner, als wenn man grössere Elektricitätsmengen messen will. Will man ferner Elektricitätsmengen von sehr verschiedener Stärke miteinander vergleichen, so wählt man Magnetnadeln von verschiedenem magnetischem Moment.

Siehe Kleyers Lehrbücher des Magnetismus und des Elektromagnetismus.

dass der Winkel φ, um welchen die Bodenplatte FF_1 mittels des Handgriffs h gedreht wurde, zugleich der Winkel ist, welchen die magnetische Achse der Magnetnadel mit dem magnetischen Meridian bildet, so besteht nach der in Antw. der Frage 246 aufgestellten Gleichung 5)., wenn man in derselben an Stelle der Drehungsmomente δ und δ_1 nach der Erkl. 789 die Drehungsmomente $M.F.\sin\varphi$ und $M.F.\sin\alpha$ setzt, welche den Drehungsmomenten der elektrischen Abstossungen in den betreffenden abgelenkten Lagen das Gleichgewicht halten, die Relation:

$$\frac{m}{1} = \frac{\sqrt{M.F.\sin\varphi}}{\sqrt{M.F.\sin\alpha}}$$

oder:

$$1). \quad . \quad . \quad m = \frac{\sqrt{\sin\varphi}}{\sqrt{\sin\alpha}}$$

Für eine andre dem Instrument mitgeteilte Elektricitätsmenge m_1, in jene gedachte Einheit ausgedrückt, hat man in analoger Weise die Relation:

$$2). \quad . \quad . \quad m_1 = \frac{\sqrt{\sin\varphi_1}}{\sqrt{\sin\alpha}}$$

Aus den Gleichungen 1). und 2). erhält man hiernach durch Division:

$$3). \quad . \quad . \quad m : m_1 = \sqrt{\sin\varphi} : \sqrt{\sin\varphi_1}$$

Wird also der Magnetnadel eine, z. B. um α^0, von ihrem magnetischen Meridian abgelenkte Lage gegeben und dann einmal dem Instrument die Elektricitätsmenge m, ein andermal die Elektricitätsmenge m_1 mitgeteilt und wird jedesmal der Winkel φ, bezw. φ_1 beobachtet, um welchen die Bodenplatte FF_1 mittels des Handgriffs h gedreht werden muss, damit jedesmal die Magnetnadel ns wieder um jenen Winkel α von dem Messingstäbchen cd abgelenkt ist, so kann man nach vorstehender Gleichung 3). beide Elektricitätsmengen m und m_1 vergleichend oder relativ messen, bezw. eine in die andre ausdrücken.

Siehe auch Antwort der Frage 197 und die Erkl. 790 und 791.

3). Ueber die Zerstreuung der Elektricität.

(Zerstreuungskoeffizient.)

Frage 250. Wovon ist die Verminderung einer auf einem isolierten Körper befindlichen Elektricitätsmenge abhängig und welches Gesetz stellte *Coulomb* in bezug auf diese Abnahme der Elektricität auf?

Antwort. Die Verminderung, Schwächung oder Zerstreuung einer auf einem isolierten Körper befindlichen Elektricitätsmenge kann, wie schon früher erwähnt, auf zwei Ursachen zurückgeführt werden, sie kann nämlich

a). durch Ueberströmen der Elektricität auf die Isolatoren jenes Körpers und

b). durch Mitteilung von Elektricität in die jenen Körper umgebende Luft

stattfinden.

Zur Aufstellung eines Gesetzes, nach welchem solche Abnahmen der Elektricität bestimmt werden können, benutzte *Coulomb* seine Torsionswage und verfuhr im allgemeinen wie folgt:

Um zunächst die Ueberströmung der Elektricität auf die Isolatoren vernachlässigen zu dürfen, befestigte *Coulomb* die Standkugel seiner Torsionswage an einem dünnen, aus Siegellack und Schellack angefertigten Stiel und benutzte als Wagbalken einen mit Siegellack überzogenen Seidefaden, und bewies auf folgende Weise, dass er infolge dieser Vorrichtung das Ueberströmen von Elektricität auf die Isolatoren vernachlässigen durfte:

Er elektrisierte die beiden gleichen, 1 cm Durchmesser enthaltenden Kugeln als sie sich berührten, und beobachtete zuerst die Lage des Wagbalkens, nachdem er infolge der Abstossung in Ruhe gekommen war; dann beobachtete er die Verminderung der Abstossung von Minute zu Minute. Hierauf nahm *Coulomb* die Standkugel aus der Drehwage, befestigte dieselbe nunmehr, anstatt an einem Stiel, an vier jenem vollkommen gleichen Stielen und machte dieselben Beobachtungen wie vorher. *Coulomb* fand hierdurch, dass dieselbe Verminderung der Abstossung erfolgte, als ob die Standkugel an einem Stiel befestigt war, woraus er schliessen konnte, dass die Abnahme der Elektrici-

tät nicht durch Ueberfliessen von Elektricität auf das die Standkugel isolierende Stäbchen, sondern durch Zerstreuung in die umgebende Luft herrühre, indem sonst bei den vier isolierenden Stäbchen die Verminderung der Abstossung eine merklichere sein müsste als bei jenem einen Stäbchen.

Um nunmehr die Zerstreuung der Elektricität in die umgebende Luft beobachten zu können, teilte *Coulomb* seiner Torsionswage, wie vorstehend erwähnt, eine gewisse Menge Elektricität mit und tordierte den Aufhängedraht so, dass der Wagbalken solche Schwingungen machte, die eine bestimmte Elongation (siehe Erkl. 759) zeigten, und beobachtete die Zeit, bis der Wagbalken zur Ruhe kam; hierauf verminderte er sofort die Torsion des Aufhängedrahts um eine bestimmte Anzahl von Graden, wodurch im Augenblick die Elongationen der schwingenden Nadel grösser, bald aber durch den eintretenden Elektricitätsverlust wieder kleiner und schliesslich gleich den früheren Elongationen wurden. Diesen Zeitpunkt merkte sich *Coulomb*; verminderte alsdann wieder die Torsion um jene bestimmte Anzahl von Graden und merkte sich auch die Zeit, bis zu welcher die schwingende Nadel wieder die früheren Elongationen machte.

Bei diesen von *Coulomb* am 28. Mai 1785 gemachten Beobachtungen ergaben sich folgende zusammenhängende Werte:

Beobachtungszeit	Elongation des Wagbalkens	Torsion des Aufhängefadens
6 Uhr 32′ 30″	30°	120°
6 Uhr 38′ 15″	30°	100°
6 Uhr 44′ 30″	30°	80°
6 Uhr 53′ 0″	30°	60°
7 Uhr 3′ 0″	30°	40°
7 Uhr 17′ 0″	30°	20°

und aus diesen Beobachtungen schloss *Coulomb* den Satz:

Die Abnahme der elektrischen Abstossung (gemessen durch die Abnahme der Torsion des Aufhängedrahts) in einer gegebenen Zeit ist proportional der abstossenden Kraft,

oder:

Erkl. 792. Nach den in nebenstehender Antwort angeführten Versuchen *Coulombs* wurden vergleichende Messungen zwischen den grössten Elektricitätsmengen vorgenommen, welche verschiedene sog. Isolatoren isolieren können und aus diesen Beobachtungen ergab sich, dass dunkler reiner Schellack, bei gleichmässiger Beschaffenheit der Oberfläche der verglichenen Isolatoren, der beste Isolator ist.

Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, alle übrigen sog. Isolatoren, durch welche elektrisierte Körper isoliert werden sollen, mit Schellack zu überziehen.

Erkl. 793. Da bei elektrischen Messungen ein Elektricitätsverlust unvermeidlich ist, so muss man bei genauen Messungen dafür sorgen, dass der Elektricitätsverlust möglichst gering ist und dass er so langsam als möglich vor sich geht, dabei regelmässig auftritt, damit er gemessen und mit in Rechnung gezogen werden kann, indem ohne diese Fürsorge, bezw. ohne Berücksichtigung des Elektricitätsverlustes, eine genaue Messung und Vergleichung elektrischer Kräfte nicht möglich ist.

Der Elektricitätsverlust ist unter sonst gleichbleibenden Umständen proportional der Elektricitätsmenge.

Mittels dieses von *Coulomb* aufgestellten Gesetzes kann man die Verminderung, welche eine beliebige Elektricitätsmenge in einer beliebigen Zeit erleidet, annähernd bestimmen (siehe Antwort der folgenden Frage).

Was ferner die Verminderung durch Ueberströmen der Elektricität auf die Isolatoren anbetrifft, so stellte *Coulomb* eine grosse Anzahl, der soeben erwähnten ähnlichen Versuche an und kam zu dem Schlusse, dass die Strecke, bis zu welcher sich auf einem Isolator, z. B. auf einer isolierenden Glassäule, die Elektricität ausbreitet, abhängig ist von der Elektricitätsmenge, welche der mit diesem Isolator in Verbindung stehende elektrisierte Körper enthält, und dass die Länge dieser Strecke im allgemeinen proportional ist dem Quadrat jener Elektricitätsmenge, im übrigen aber abhängig ist von der Natur des Isolators selbst (siehe die Erkl. 792 und 793 und die Antwort der folgenden Frage).

Frage 251. In welcher Weise kann man durch Rechnung die Elektricitätsmenge bestimmen, welche nach einer bestimmten Zeit auf einem elektrisierten Körper noch vorhanden sein muss?

Erkl. 794. Den Logarithmus eines Binoms von der Form $(1-x)$ kann man unter Zugrundelegung des natürlichen Logarithmensystems (siehe Kleyers Lehrbuch der Logarithmen) in eine fallende, unendliche Reihe, in die sog. logarithmische Reihe entwickeln. Diese logarithmische Reihe heisst:

$$\log(1-x) = -x - \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} - \frac{x^5}{5} - \cdots$$

Siehe Kleyers Lehrbuch der höheren Reihen.

Antwort. Um die Elektricitätsmenge Q zu bestimmen, welche ein elektrisierter Körper nach t Minuten noch hat, wenn ihm zu Anfang dieser Zeit die Elektricitätsmenge Q_0 mitgeteilt wurde, beachte man folgendes:

Die Menge der der umgebenden Luft sich mitteilenden Elektricität ist um so grösser, je öfter die den elektrisierten Körper umgebende und durch Mitteilung elektrisierte Luftschicht sich erneuert. Bezeichnet man daher mit p die Elektricitätsmenge, welche der elektrisierte Körper, wenn er die Einheit der Elektricitätsmenge besitzt, in der Zeiteinheit (in der Minute) abgeben würde, und man nimmt an, er behielte während dem sehr kleinen Zeitteilchen Δt dieser Minute seine Elektricitätsmenge unverändert bei, so wird er in diesem Zeitteilchen die Elektricitätsmenge $p \, . \, \Delta t$ abgeben. Be-

Erkl. 795. Unter dem Logarithmus einer Zahl a zur Basis b versteht man diejenige Zahl x, mit welcher jene Basis b potenziert die Zahl a gibt, in Zeichen:

Ist: $$\log b_a = x$$

so hat man hierunter nichts anderes zu verstehen, als:

$$b^x = a$$

(Siehe Kleyers Lehrbuch der Logarithmen.)

Ist in analoger Weise:

$$\log \text{nat} \frac{Q}{Q_0} = -p \cdot t$$

so erhält man in Rücksicht, dass dem Logarithmus $\log \text{nat} \frac{Q}{Q_0}$ die Basis e (= 2,718...) zu Grunde liegt:

$$e^{-pt} = \frac{Q}{Q_0}$$

Erkl. 796. Mittels der in nebenstehender Antwort aufgestellten Gleichung 1).

a). . . $Q = Q_0 \cdot e^{-pt}$

kann man auch den Wert für p bestimmen, sobald man die zwei Elektricitätsmengen Q und Q_0 z. B. t Minuten nacheinander beobachtet.

Zu diesem Zweck kann man im allgemeinen verfahren, wie in Antwort der Frage 246 angegeben ist, nur benutze man zwei gleich grosse Kugeln, die in Berührung miteinander elektrisiert werden, indem sich auf jeder der Kugeln alsdann die Elektricitätsmenge Q ansammelt, und bestimme nach der in Antwort der Frage 245 aufgestellten Gleichung 1)., welche für diesen Fall, wenn $E = Q$ und $m = Q$ gesetzt wird, in:

b). . . $Q^2 = 4 \cdot L \cdot T(\delta + \alpha) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \text{tg}\frac{\alpha}{2}$

übergeht, die Elektricitätsmenge Q; dann detordiere man den Aufhängedraht um ein bestimmtes und warte den Augenblick ab, in welchem der Wagbalken der Torsionswage wieder den Winkel α mit seiner Ruhelage bildet, merke sich die Zeit t, welche indessen verflossen ist, und bestimme mittels der der vorstehenden Gleichung b). analoge Gleichung:

c). . . $Q_0{}^2 = 4 \cdot L \cdot T(\delta_1 + \alpha) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \text{tg}\frac{\alpha}{2}$

die Elektricitätsmenge Q_0, welche nunmehr jede der Kugeln enthält.

Löst man vorstehende Gleichung a). wie folgt nach p auf:

$$\log Q = \log Q_0 - pt \cdot \log e$$
$$pt \cdot \log e = \log Q_0 - \log Q$$

d). . . $p = \frac{\log Q_0 - \log Q}{t \cdot \log e}$

und substituiert in dem unter Gleichung d). für p erhaltenen Wert, für Q_0 und Q die vorhin

zeichnet man nun die Abnahme der Elektricitätsmenge Q_0 nach dem kleinen Zeitteilchen Δt mit ΔQ_0 und nach vorstehendem die Abnahme der Elektricitätsmenge 1 in dem Zeitteilchen Δt mit $p \cdot \Delta t$, so besteht nach dem in voriger Antwort aufgestellten Satz die Relation:

$$\frac{\Delta Q_0}{p \cdot \Delta t} = \frac{Q_0}{1}$$

und hieraus erhält man:

a). . . $\Delta Q_0 = p \cdot \Delta t \cdot Q_0$

Bezeichnet man die Elektricitätsmenge, welche der elektrisierte Körper nach der Zeit Δt noch besitzt, mit Q, so hat man die Relation:

$$Q = Q_0 - \Delta Q_0$$

mithin nach Gleichung a). die Relation:

$$Q = Q_0 - p \cdot \Delta t \cdot Q_0$$

oder:

b). . . $Q = Q_0(1 - p \cdot \Delta t)$

In dem darauffolgenden zweiten kleinen Zeitteilchen Δt, in welchem der elektrisierte Körper nach Gleichung b). nur noch die Elektricitätsmenge Q_0 $(1 - p \cdot \Delta t)$ hat, verliert er analog der Gleichung a). die Elektricitätsmenge:

c). . . $p \cdot \Delta t \cdot Q_0(1 - p \cdot \Delta t)$

Bezeichnet man die Elektricitätsmenge, welche der Körper nach diesem zweiten Zeitteilchen Δt besitzt, wiederum mit Q, so besteht die Relation:

$$Q = Q_0(1 - p \cdot \Delta t) - p \cdot \Delta t \cdot Q_0(1 - p \cdot \Delta t)$$

oder:

$$Q = Q_0(1 - p \cdot \Delta t - p \cdot \Delta t + (p \cdot \Delta t)^2)$$
$$Q = Q_0(1^2 - 2 \cdot p \cdot \Delta t + (p \cdot \Delta t)^2)$$

mithin:

d). . . $Q = Q_0(1 - p \cdot \Delta t)^2$

Durch analoge Fortsetzung dieser Betrachtung findet man, dass nach n jener Zeitteilchen von je Δt der elektrisierte Körper nur noch die Elektricitätsmenge:

e). . . $Q = Q_0(1 - p \cdot \Delta t)^n$

besitzt.

Aus dieser Gleichung erhält man:

$$\frac{Q}{Q_0} = (1 - p \cdot \Delta t)^n$$

bestimmten Werte, für t die bei jenen Beobachtungen verfliessende Zeit und setzt $e =$ 2,718... (gleich der Basis des natürlichen Logarithmensystems), so erhält man p (s. Erkl. 798).

oder, wenn man diese Gleichung logarithmiert:

$$\log \frac{Q}{Q_0} = n \,.\, \log (1 - p \,.\, \varDelta t)$$

Legt man dieser Logarithmierung das natürliche Logarithmensystem mit der Basis $e = 2{,}718\ldots$ zu Grunde, so erhält man hieraus nach der Erkl. 794:

$$\log\text{nat} \frac{Q}{Q_0} = n \,.\left(-p \,.\, \varDelta t - p^2 \cdot \frac{\varDelta t^2}{2} - p^3 \cdot \frac{\varDelta t^3}{3} - \ldots\right)$$

oder:

$$\log\text{nat} \frac{Q}{Q_0} = -\left(p \,.\, n \,.\, \varDelta t + p^2 \,.\, n \,.\, \varDelta t \cdot \frac{\varDelta t}{2} + p^3 \,.\, n \,.\, \varDelta t \cdot \frac{\varDelta t^2}{3} + \ldots\right)$$

Berücksichtigt man nunmehr, dass wenn die Anzahl n jener kleinen Zeitteilchen $\varDelta t$ unendlich gross wird, dass:

$$n \,.\, \varDelta t = t$$

wird, so geht vorstehende Gleichung, unter Annahme dessen, über in:

$$\log\text{nat} \frac{Q}{Q_0} = -\left(p \,.\, t + p^2 \,.\, t \cdot \frac{\varDelta t}{2} + p^3 \,.\, t \cdot \frac{\varDelta t^2}{3} + \ldots\right)$$

Da nun die Grösse $\varDelta t$ unendlich klein ist, mithin die Glieder in der Klammer rechts, vom zweiten ab, als sehr kleine Grössen vernachlässigt werden können, so geht diese Gleichung schliesslich über in:

$$\log\text{nat} \frac{Q}{Q_0} = -p \,.\, t$$

und hieraus erhält man nach der Erkl. 795:

$$e^{-pt} = \frac{Q}{Q_0}$$

oder:

$$1). \;.\;.\;.\;.\; Q = Q_0 \,.\, e^{-pt}$$

Mittels dieser Gleichung kann man die Elektricitätsmenge Q berechnen, welche ein mit der Elektricitätsmenge Q_0 geladener isolierter Körper nach t Minuten noch hat, wenn man die Grösse p, welche von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängig ist, kennt (siehe Erkl. 797).

Frage 252. Was versteht man unter dem sogenannten Zerstreuungskoeffizienten?

Antwort. Unter dem sogenannten Zerstreuungskoeffizienten, bezeichnet durch $\frac{1}{p}$, versteht man den Bruchteil, um welchen die abstossende Kraft

Erkl. 797. Nach den Versuchen *Coulombs* ändert sich der Zerstreuungskoeffizient wesentlich mit dem Feuchtigkeitsgehalt der umgeben-

den Luft und wird um so grösser, je grösser der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist.

Eine weitere Aenderung des Zerstreuungskoeffizienten tritt bei Temperatur- und Luftdruckveränderungen ein.

Erkl. 798. *Coulomb* bestimmte den Elektricitätsverlust, bezw. den Zerstreuungskoeffizienten mittels seiner Drehwage wie folgt:

Er teilte den beiden Kügelchen g und s seiner Drehwage eine gewisse Elektricitätsmenge, z. B. eine solche Elektricitätsmenge mit, dass er nach der Abstossung des Wagbalkens ns dem Knopf y eine Drehung von 250^0 geben musste, damit die Ablenkung desselben von seiner ursprünglichen Lage 20^0 betrug. In dieser abgelenkten Lage des Wagbalkens wird also der abstossenden Kraft der Kügelchen g und s durch eine Torsion des Aufhängedrahts von $250^0 + 20^0$ oder von 270^0 das Gleichgewicht gehalten. Liess er nun die Drehwage in diesem Zustand eine Zeitlang stehen, trat also ein grösserer Elektricitätsverlust ein, so wurde die elektrische Abstossung eine geringere und die Kügelchen g und s näherten sich wieder. Nachdem *Coulomb* eine Minute in dieser Weise verfliessen liess, fand er, dass er die Torsion des Aufhängedrahts um 6^0 vermindern musste, damit der Wagbalken seine frühere, um 20^0 von seiner ursprünglichen Lage abgelenkte Lage wieder einnahm.

Hatte also der elektrischen Abstossung am Anfang der Minute eine Torsion des Aufhängedrahts von 270^0, am Ende dieser Minute eine Torsion von $270^0 - 6^0$ oder von 264^0 das Gleichgewicht gehalten, so wird der mittleren elektrischen Abstossung (in der Mitte jener Minute) eine Torsion des Aufhängedrahts von $\frac{270^0 + 264^0}{2}$ oder von 267^0 das Gleichgewicht halten.

Entspricht also der mittleren Abstossung eine Torsion von 267^0 und entspricht ferner der Verminderung der Abstossung pro Minute eine Torsion von 6^0, so ist der Verlust der Abstossung für 1^0 der Torsion, welche jener mittleren Abstossung entspricht $= \frac{6}{267}$ oder $= \frac{1}{44{,}5}$, d. h., in der Minute betrug der Verlust der Abstossung $= \frac{1}{44{,}5}$ der mittleren Abstossung.

Coulomb fand nach diesen Versuchen, dass an trockenen Tagen der Elektricitätsverlust $= \frac{1}{60}$ bis $\frac{1}{70}$, an feuchten Tagen selbst $\frac{1}{20}$ der mittleren Abstossung für jede Minute beträgt.

Erkl. 799. In analoger Weise, wie in voriger Erklärung gezeigt wurde, kann man den Elektricitätsverlust eines isolierten elektrischen Leiters bestimmen, wenn man diesen Körper an einer bestimmten Stelle mittels eines Probescheibchens berührt, dasselbe in die Drehwage bringt und die Torsion des Aufhänge-

zweier gleicher Elektricitätsmengen in der Zeiteinheit (der Minute) abnimmt, bezw. den Bruchteil, um welchen diese Elektricitätsmengen pro Minute selbst abnehmen. Der halbe Zerstreuungskoeffizient $\frac{1}{2p}$ drückt also die Abnahme der Elektricitätsmenge einer jener Elektricitätsmengen aus.

Der Zerstreuungskoeffizient ist, wie *Coulomb* und *Biot* nachgewiesen haben, unter allen Umständen derselbe, er ist unabhängig von der Natur der elektrisierten Körper (Kugeln) und unabhängig von der Art der auf den elektrisierten Körpern enthaltenen Elektricität.

Ist der Zerstreuungskoeffizient $\frac{1}{p}$ bekannt, so kann man mittels der in voriger Antwort aufgestellten Gleichung 1). aus der zu irgend einer Zeit gemessenen Elektricitätsmenge die Elektricitätsabnahme bis zu einer andern Zeit berechnen.

drahts bestimmt, welche erforderlich, um dem vorher im neutralen Zustand befindlichen Wagbalken eine bestimmte Ablenkung von seiner ursprünglichen Lage zu geben; dann am Ende einer Minute jenen Körper wieder mittels des entladenen Probescheibchens berührt, den Wagbalken ebenfalls entladet, das Probescheibchen abermals in die Drehwage bringt und die Verminderung der Torsion des Aufhängedrahts bestimmt, welche erforderlich, um dem Wagbalken nach der nunmehr erfolgenden Abstossung seine frühere abgelenkte Stellung zu geben (siehe Erkl. 798).

4). Ueber die Dichtigkeit der Elektricität an verschiedenen Stellen guter Leiter.

Erkl. 800. Wie in dem Abschnitt 5). des I. Teils gezeigt wurde, kann man experimentell nachweisen, dass der Sitz der freien Elektricität, welche ein elektrischer Körper offenbart, stets nur auf der Oberfläche des Körpers ist; dass ferner die einem Körper mitgeteilte Elektricität niemals in das Innere des Körpers eindringt und dass dies stets der Fall ist, einerlei aus welcher Masse auch jener elektrische Körper bestehen mag, vorausgesetzt jedoch, dass er ein guter Leiter ist (siehe die Antworten der Fragen 46, 47 und 48).

Mit Hülfe der Sätze über das sogenannte Potential kann man diese Thatsachen mathematisch nachweisen.

Da die Entwicklung der Sätze über das Potential und deren Anwendung auf die Lehren des Magnetismus und der Elektricität eine ziemlich umfangreiche Anwendung höherer mathematischer Formeln und Sätze beansprucht, und ohne eine eingehende Erläuterung dieser Sätze derartige Entwicklungen von den meisten Lernenden nicht in der Weise verstanden werden, als dies erforderlich ist, so ist die Entwicklung des Potentials und dessen Anwendung auf die Lehren des Magnetismus und der Elektricität in einem besonderen Buche abgehandelt.

Siehe Kleyers Lehrbuch der Potentialtheorie und deren Anwendung auf die Lehren des Magnetismus und der Elektricität.

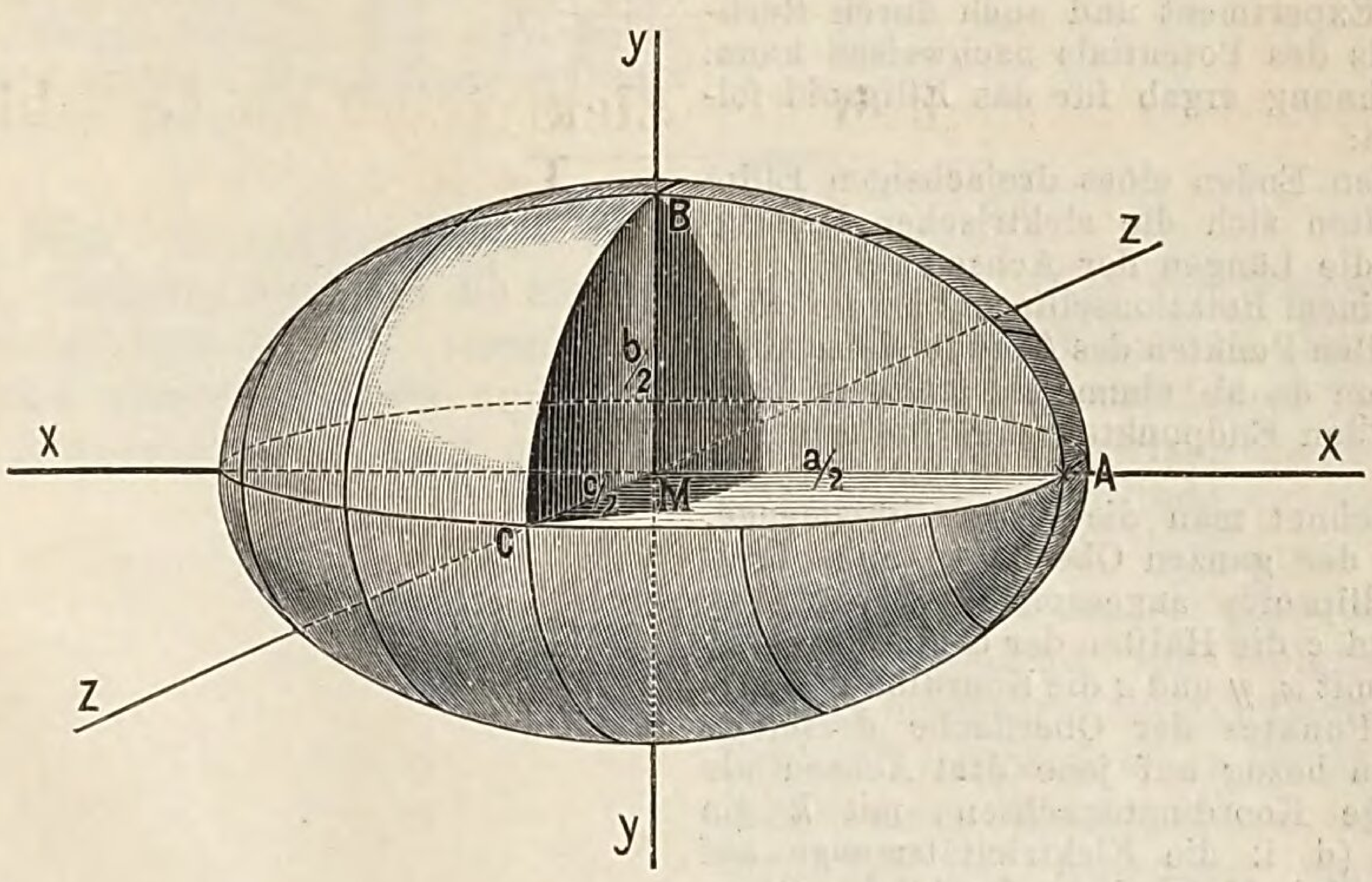
Erkl. 801. Die Elektricitätsmenge, welche sich auf der Flächeneinheit der Oberfläche eines elektrischen Körpers befindet, nennt man die elektrische Dichtigkeit des Körpers. Besitzt also ein Körper, dessen Oberfläche $= O$ ist, die Elektricitätsmenge Q, so ist die elektrische Dichtigkeit desselben $= \frac{Q}{O}$

Besitzt ein Körper an verschiedenen Stellen ungleiche Elektricitätsmengen, so nennt man die nach vorstehendem bestimmte Dichtigkeit mittlere oder lokale Dichtigkeit.

Erkl. 802. Die von einer elektrischen Schicht auf jeden ihrer Punkte ausgeübte abstossende

Wirkung sucht die in einem solchen gedachten Punkt befindliche Elektricität nach aussen hin von der Oberfläche zu entfernen, und die Grösse dieser Kraft, welche auf die Flächeneinheit wirkt, nennt man die Spannung der freien Elektricität oder auch elektrische Spannung. Diese Spannung ist, wie sich aus den mathematischen Entwicklungen (siehe Kleyers Lehrbuch der Potentialtheorie) ergibt, dem Quadrat der Dichtigkeit proportional.

Figur 250.



Erkl. 803. Was die Anordnung oder die Verteilung der Elektricität auf guten Leitern anbetrifft, so kann dieselbe mittels des in der Erkl. 800 erwähnten sogenannten elektrischen Potentials für jeden Körper, der eine genau geometrisch bestimmbare Gestalt hat, rechnend bestimmt werden, d. h. man kann die Dichtigkeit der Elektricität an verschiedenen Stellen eines Körpers rechnend bestimmen, sobald man die Dichtigkeit an einer Stelle des Körpers kennt. Derartige Rechnungen lassen sich jedoch nur für ganz einfache geometrische Körper, wie z. B. für die Kugel und das Ellipsoid bestimmen; für andere geometrische Körper werden solche Berechnungen so verwickelt, dass zu einem Resultate kaum zu gelangen ist. In solchen Fällen bedient man sich des Experiments (siehe die Antworten der Fragen 253 u. 254).

In welcher Weise man die vorhin erwähnten Rechnungen ausführt, darüber findet man näheres in Kleyers Lehrbuch der Potentialtheorie.

Erkl. 804. Auf der Oberfläche einer Kugel von gut leitender Substanz ordnet sich die Elektricität an allen Stellen derselben in gleicher Dichte an, wie man durch das Experiment (siehe Antwort der Frage 253) mittels Probescheibchen und auch durch Rechnung mittels des Potentials nachweisen kann.

Bezeichnet man die Elektricitätsmenge, wel-

che sich auf der Oberfläche einer Kugel befindet, mit Q, die Oberfläche der Kugel, deren Radius $= R$ ist, mit $4\pi R^2$, so erhält man hiernach für die Dichtigkeit h der sich auf der Oberfläche dieser Kugel befindlichen Elektricität die Relation:

$$h = \frac{Q}{4\pi R^2}$$ (siehe Erkl. 801).

Erkl. 805. Auf der Oberfläche eines Ellipsoids ordnet sich die Elektricität nicht an allen Stellen in gleicher Menge an, wie man durch das Experiment und auch durch Rechnung mittels des Potentials nachweisen kann.

Die Rechnung ergab für das Ellipsoid folgende Sätze:

1). An den Enden eines dreiachsigen Ellipsoids verhalten sich die elektrischen Dichtigkeiten wie die Längen der Achsen selbst.

2). Bei einem Rotationsellipsoid ist die Dichtigkeit an allen Punkten des Aequatorialschnitts dieselbe, von da ab nimmt sie stetig zu oder ab bis zu den Endpunkten der Umdrehungsachse.

3). Bezeichnet man die Elektricitätsmenge, welche auf der ganzen Oberfläche eines dreiachsigen Ellipsoids angesammelt ist, mit Q, mit a, b und c die Hälften der drei Achsen des Ellipsoids, mit x, y und z die Koordinaten eines beliebigen Punktes der Oberfläche desselben Ellipsoids in bezug auf jene drei Achsen als rechtwinklige Koordinatenachsen, mit h die Dichtigkeit (d. i. die Elektricitätsmenge auf der Flächeneinheit) in einem Punkt der Oberfläche, dessen Koordinaten x, y und z sind, so ergeben die mathematischen Untersuchungen mittels des Potentials die Beziehung:

$$h = \frac{Q}{4\pi abc} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} + \frac{z^2}{c^4}}}$$

Frage 253. Mittels welcher zwei Methoden kann man die elektrischen Dichtigkeiten an verschiedenen Punkten eines elektrisierten Körpers vergleichend messen?

Antwort. Die Dichtigkeiten der Elektricität an zwei verschiedenen Stellen (Punkten) eines elektrisierten Körpers kann man nach zwei verschiedenen Methoden vergleichend messen, nämlich

a). nach der Methode von *Coulomb* mittels einfacher Prüfungskörperchen;

und

b). nach der Methode von *Riess* mittels gepaarter Prüfungskörperchen.

Erkl. 806. Die Methode von *Coulomb* (siehe Antwort der folgenden Frage) kann nur in besonderen Fällen angewandt werden und zwar nur dann, wenn die Zerstreuung der Elektricität gering und die Dichtigkeit der Elektricität auf dem zu untersuchenden Körper so gross ist, dass, wie in folgender Antwort erwähnt, durch denselben einem mit ihm zum öftern in Berührung gebrachten Prüfungskörperchen stets eine messbare Elektricitätsmenge mitgeteilt werden kann und ferner nur dann, wenn nur vergleichende Messungen der elektrischen Dichtigkeiten auf einem und demselben Körper vorgenommen werden, weil in dem Falle, wenn

derartige vergleichende Messungen auf verschiedenen elektrisierten Körpern vorgenommen werden sollen, nicht angenommen werden darf, dass der Elektricitätsverlust auf beiden isolierten und elektrisierten Körpern derselbe ist, indem eine Ungleichheit der Isolatoren der beiden Körper auch einen verschiedenen Elektricitätsverlust bedingt.

Die Methode von *Riess* (siehe Antwort der Frage 255) gestattet in allen Verhältnissen die vergleichende Messung der elektrischen Dichtigkeiten an zwei verschiedenen Stellen eines isolierten und elektrisierten Körpers und auch die vergleichende Messung der elektrischen Dichtigkeiten zweier verschiedener isolierter und elektriierter Körper.

Frage 254. In welcher Weise kann man nach *Coulombs* Methode die elektrischen Dichtigkeiten an zwei verschiedenen Punkten eines isolierten und elektrisierten Körpers vergleichend messen?

Antwort. Zur vergleichenden Messung der Dichtigkeiten der Elektricität an zwei verschiedenen Stellen eines isolierten und elektrisierten Körpers kann man nach der Methode von *Coulomb* folgendes indirektes Verfahren anwenden:

Berührt man mittels eines sehr dünnen Probescheibchens von Goldpapier oder mittels eines Probekügelchens (siehe die Erkl. 807) irgend einen Punkt der Oberfläche eines elektrisierten Körpers, so wird bei der Anlegung eines solchen Probe- oder Prüfungskörperchens jene Oberfläche nur eine kaum merkliche Aenderung erleiden und das Probekörperchen wird mit einer Elektricitätsmenge geladen, die der an jenem berührten Punkt befindlichen Elektricitätsmenge proportional ist (siehe Erkl. 808).

Bringt man dann dieses Prüfungskörperchen an Stelle der Standkugel in die Torsionswage und bestimmt dessen Elektricitätsmenge m, so erhält man:

a). . . . $m = \alpha . h$

in welcher Gleichung h die Dichtigkeit der Elektricität des berührten Punktes und α einen konstanten Faktor bedeutet.

Berührt man dann mit demselben Probekörperchen, nachdem dasselbe entladen ist, eine andre Stelle jenes elektrisierten Körpers und misst dessen Elektricitätsmenge m_1 wie vorher, so besteht, analog der Gleichung a)., die Gleichung:

b). . . . $m_1 = \alpha . h_1$

Aus den Gleichungen a). und b). ergibt sich durch Division:

Erkl. 807. Hat man eine ebene Fläche in bezug auf die Dichtigkeit ihrer Elektricität zu untersuchen, so benützt man nach *Coulomb* Probekügelchen; hat man krumme Flächen zu untersuchen, so benützt man Probescheibchen, indem in beiden Fällen die Berührung nur in einem Punkt stattfindet.

c). . . . $m : m_1 = h : h_1$

d. h.: Die Elektricitätsmengen m und m_1, welche sich auf dem Probekörperchen befanden, sind proportional den Dichtigkeiten der Elektricität an den berührten Stellen des elektrisierten Körpers. Ist also hiernach z. B. die Dichtigkeit h an irgend einer Stelle bekannt, so kann man aus dem mittels der Drehwage zu bestimmenden Verhältnis der Elektricitätsmengen m und m_1, welche man mittels der Probekörperchen an der Stelle, wo die Dichtigkeit $= h$ ist, und an einer andern Stelle, an welcher die Dichtigkeit h_1 bestimmt werden soll, entnimmt, die Dichtigkeit h_1 aus der Gleichung:

d). . . . $h_1 = \frac{m}{m_1} \cdot h$ [siehe Gleichung c).]

bestimmen.

Da jedoch die Bestimmung des Verhältnisses der Elektricitätsmengen m und m_1 eine gewisse Zeit beansprucht und infolgedessen ein Elektricitätsverlust auf dem elektrisierten Körper eintritt, so erhält man mittels Gleichung c). das Verhältnis der Dichtigkeiten h und h_1 für verschiedene Zeiten; will man aber dieses Verhältnis für ein und dieselbe Zeit bestimmen, so muss man den Elektricitätsverlust, welcher in der Zeit stattfindet, in der die Bestimmung des Verhältnisses $m : m_1$ vor sich geht, mit in Rechnung ziehen und dies kann man nach *Coulomb*, indem man sogen. alternierende Messungen vornimmt.

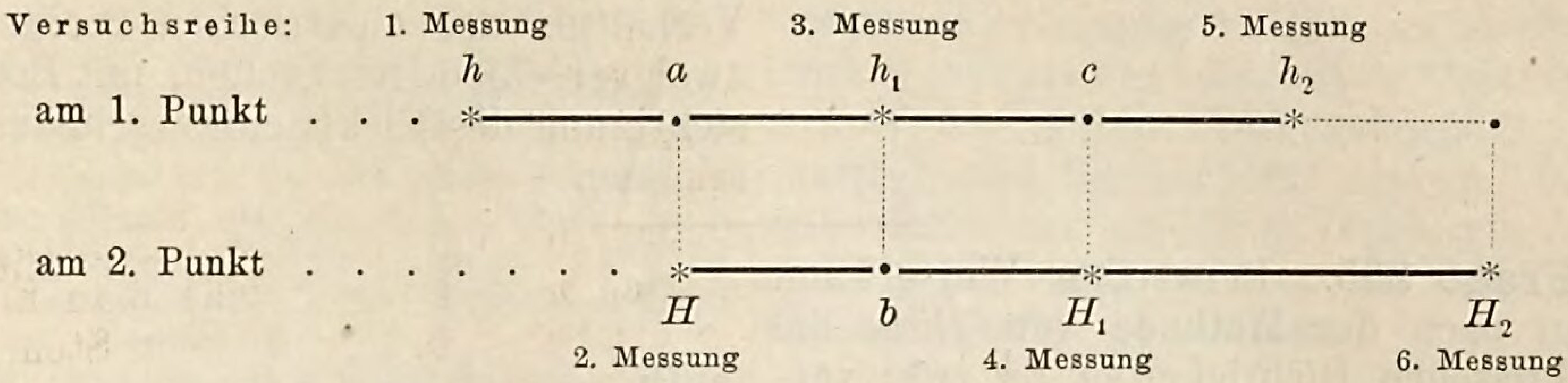
Diese alternierenden Messungen bestehen darin, dass man mittels des Prüfungskörperchens mehrmals abwechselnd einen der beiden Punkte und dann den andern Punkt berührt, nach jedesmaliger Berührung die nach vorstehendem erforderlichen Messungen an der Drehwage macht, dabei aber diese Messungen so vornimmt, dass man von der einen zur andern jener abwechselnden Berührungen stets ein und dieselbe Zeit braucht.

Stellt man nun, wie folgendes Schema zeigt, in welchem die gleichen Zeiträume (Intervallen) durch gleichgrosse Strecken und die zu den betreffenden Zeitpunkten vorhandenen elektrischen

Erkl. 808. Dass bei der Berührung eines elektrisierten Körpers mittels eines sog. Probekörperchens, wie in nebenstehender Antwort erwähnt ist, das Prüfungskörperchen eine Elektricitätsmenge annimmt, die der an dem berührten Punkt vorhandenen Elektricitätsmenge proportional ist, bewies *Coulomb*, wie folgt: Er elektrisierte eine Kugel A, berührte dann dieselbe mittels einer kleinen Probekugel p, brachte letztere in seine Torsionswage und bestimmte die Elektricitätsmenge, welche sie besass. Dann berührte er die Kugel A mit einer ihr ganz gleichen isolierten Kugel B und nahm ihr somit die Hälfte ihrer vorigen Elektricitätsmenge. Hierauf berührte er die Kugel A wieder mittels jenen indessen entladenen Probekügelchens p, brachte letzteres wieder in die Torsionswage und bestimmte nunmehr die Elektricitätsmenge des Kügelchens p und fand so, dass das Probekügelchen p nunmehr die Hälfte der Elektricitätsmenge besass, als es vorher hatte, woraus *Coulomb* schloss, dass das Probekügelchen jedesmal eine solche Elektricitätsmenge aufnahm, die der an der berührten Stelle vorhanden gewesenen Elektricitätsmenge proportional war.

Dichten durch die Buchstaben h, h_1, h_2 ... und H, H_1, H_2 ... bezeichnet sind, übersichtlich zusammen:

Schema alternierender Messungen.



so ergibt sich aus diesem Schema unter der Voraussetzung, dass die Zerstreuung der Elektricität nur gering, bezw. dass der sog. Zerstreuungskoeffizient nur klein und während der ganzen Dauer jener alternierenden Messungen konstant war, dass zu der Zeit a, an welcher die 1. Messung am 2. Punkt stattfand, die Dichtigkeit der Elektricität an dem 1. Punkt gleich dem arithmetischen Mittel aus h und h_1, also $= \frac{h + h_1}{2}$ ist, dass somit das Verhältnis der elektrischen Dichten zur Zeit a, nämlich zur Zeit der 2. Messung =

1). . . $\frac{h + h_1}{2} : H$ oder $= \frac{h + h_1}{2H}$

ist; dass ferner zur Zeit b, nämlich zur Zeit der 3. Messung die Dichtigkeit der Elektricität an dem 2. Punkt gleich dem arithmetischen Mittel aus H und H_1, also $= \frac{H + H_1}{2}$ ist, dass somit das Verhältnis der elektrischen Dichten zur Zeit b, nämlich zur Zeit der 3. Messung =

2). . . $h_1 : \frac{H + H_1}{2}$ oder $= \frac{2h}{H + H_1}$

ist; dass schliesslich zur Zeit c, nämlich zur Zeit der 4. Messung die Dichtigkeit der Elektricität an dem 1. Punkt gleich dem arithmetischen Mittel aus h_1 und h_2, also $= \frac{h_1 + h_2}{2}$ ist, dass somit das Verhältnis der elektrischen Dichten zur Zeit c, nämlich zur Zeit der 4. Messung =

3). . . $\frac{h_1 + h_2}{2} : H_1$ oder $= \frac{h_1 + h_2}{2H_1}$

Erkl. 809. Unter dem arithmetischen Mittel M mehrerer Zahlen a, b, c und d versteht man den Quotienten, welchen man erhält, wenn man die Summe dieser Zahlen durch die Anzahl derselben dividiert, in Zeichen:

$$M = \frac{a + b + c + d}{4}$$

ist, u. s. f. Aus den auf diese Weise gefundenen Werten für die Verhältnisse der Dichten zu verschiedenen Zeiten kann man durch Bildung des arithmetischen Mittels jener Werte (siehe Erkl. 809) das Verhältnis der elektrischen Dichten an zwei verschiedenen Stellen, mit Berücksichtigung des Elektricitätsverlustes, bestimmen.

Frage 255. In welcher Weise kann man nach der Methode von *Riess* die elektrischen Dichtigkeiten an zwei verschiedenen Punkten eines isolierten und elektrisierten Körpers, oder an zwei Punkten zweier isolierter und elektrisierter Körper, vergleichend messen?

Antwort. Zur vergleichenden Messung der Dichtigkeiten der Elektricität an zwei verschiedenen Stellen eines isolierten und elektrisierten Körpers, oder auch zur vergleichenden Messung der Dichtigkeiten der Elektricität an zwei Stellen zweier isolierter und elektrisierter Körper, kann man nach der Methode von *Riess* folgendes Verfahren anwenden:

Nachdem man sich zwei sogenannte gepaarte Prüfungskörper angefertigt hat, das sind zwei solche Prüfungskörper, die eine vollkommen übereinstimmende Beschaffenheit haben und bei der Berührung einer und derselben Stelle eines isolierten und elektrisierten Körpers gleiche Elektricitätsmengen annehmen (siehe Erkl. 810), berührt man mit denselben die zwei Stellen, an welchen die Dichtigkeit der Elektricität verglichen werden soll, und zwar gleichzeitig oder so rasch als möglich nacheinander; bringt dann einen derselben in eine Torsionswage und befestigt den andern isoliert in eine weite Glasglocke.

Dann misst man die Elektricitätsmenge des in der Torsionswage befindlichen Prüfungskörpers und merkt sich den Zeitpunkt dieser ersten Messung an einer Sekundenuhr; hierauf bringt man auch den zweiten Prüfungskörper in die Torsionswage, misst dessen Elektricitätsmenge und merkt sich auch den Zeitpunkt dieser zweiten Messung. Dann vermindert man die Torsion des Aufhängedrahts um eine beliebige Anzahl von Graden und beobachtet den Zeitpunkt, an dem der horizontal schwingende Wagbalken die frühere Elonga-

Erkl. 810. *Riess* gibt in seinem Lehrbuch der Reibungselektricität (Berlin 1853) Bd. I, Seite 134 ein Verfahren an, nach welchem man zwei vollkommen übereinstimmende Prüfungskörper herstellen kann.

Erkl. 811. Auf dieselbe Weise, wie man nach nebenstehender Antwort mittels der gepaarten Prüfungskörper das Verhältnis der elektrischen Dichtigkeiten an zwei Stellen bestimmt, prüft man vor den hierzu erforderlichen Beobachtungen, ob die beiden Prüfungskörper von ganz gleicher Beschaffenheit sind, bezw. ob dieselben, mit einer und derselben Stelle in Berührung gebracht, gleiche Elektricitätsmengen aufnehmen, indem das Verhältnis der elektrischen Dichtigkeiten, welche beide Prüfungskörper zeigen, wenn man eine und dieselbe Stelle mit den Prüfungskörpern berührt = 1, oder wenigstens annähernd = 1 werden muss.

Erkl. 812. Nach den in den Antworten der Fragen 254 und 255 angegebenen Verfahren wurden mehrere elektrisierte Körper in bezug auf die Art der Verteilung der Elektricität auf ihrer Oberfläche untersucht. Hierbei ergaben sich unter anderm folgende Resultate:

1). Die Versuche *Coulombs* ergaben für die elektrischen Dichtigkeiten an verschiedenen Stellen einer isolierten und elektrisierten Kugel und eines isolierten und elektrisierten Ellipsoids solche Werte, welche mit den durch Rechnung gefundenen vollkommen übereinstimmten.

2). Für die elektrischen Dichtigkeiten an verschiedenen Stellen eines circa 5 cm dicken und 20 cm langen, beiderseits halbkugelförmig abgerundeten Cylinders fand *Coulomb*, wenn er die elektrische Dichtigkeit in der Mitte des Cylinders = Eins annahm:

5 cm von den Enden eine Dichtigkeit von 1,25 jener Einheiten,

2,5 cm von den Enden eine Dichtigkeit von 1,80 jener Einheiten,
an den Enden selbst eine Dichtigkeit von 2,30 jener Einheiten.

Hieraus ergibt sich, dass die elektrische Dichtigkeit eines solchen Cylinders von der Mitte nach dem Ende hin stetig zunimmt und zwar anfangs langsamer, dann rascher.

3). Für eine kreisförmige Kupferscheibe von circa 27 cm Durchmesser ergaben die Versuche *Coulombs*, dass sich die elektrische Dichtigkeit vom Mittelpunkt bis zur Mitte eines Halbmessers nur wenig ändert, dass aber von da ab die Dichtigkeit sehr rasch zunimmt und am Rande am grössten ist.

Nahm *Coulomb* die Dichtigkeit in der Mitte = Eins an, so erhielt er:

für eine Entfernung von	10,8 cm vom Rande	eine Dichtigkeit von	1,001 jener Einheiten
" " " "	8,1 " " "	" " "	1,005 " "
" " " "	5,4 " " "	" " "	1,170 " "
" " " "	2,7 " " "	" " "	1,520 " "
" " " "	1,35 " " "	" " "	2,070 " "
am Rande selbst		" " "	2,900 " "

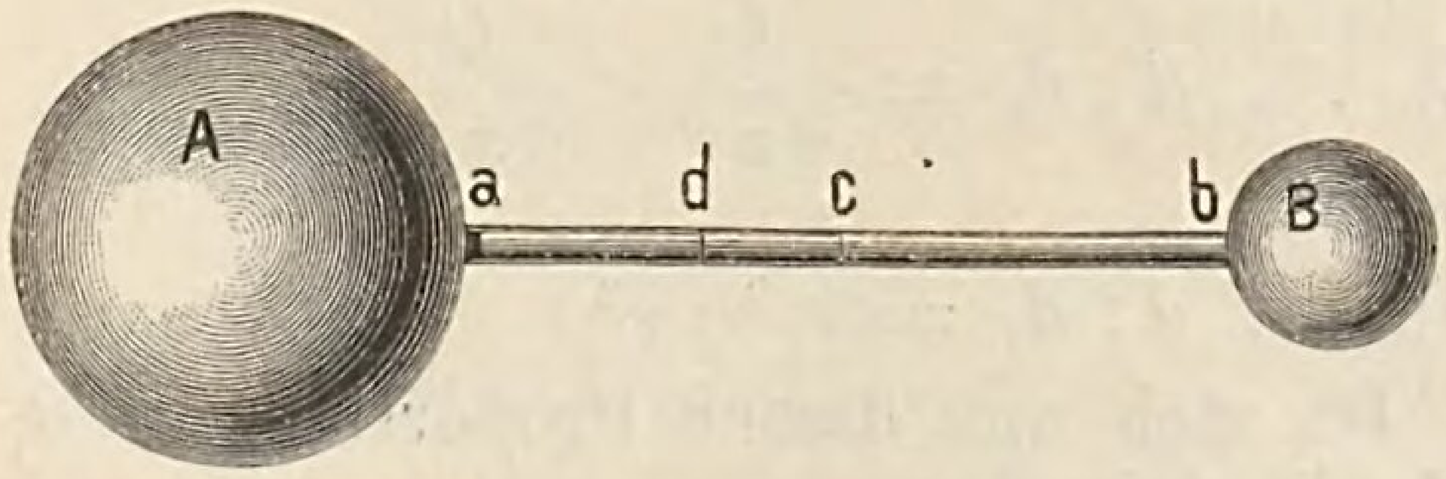
4). Für eine rechteckige Platte von 30 cm Länge und 2,7 cm Breite und 2,25 mm Dicke erhielt *Coulomb* ähnliche Resultate. Von dem Durchschnittspunkt der Diagonalen nach dem Rande hin ergab sich, dass die elektrische Dichtigkeit bis auf 2,7 cm Entfernung von jenem Punkt konstant war, dann aber rasch nach dem Rande hin wuchs und am Rande selbst ungefähr den doppelten Wert als in der Mitte zeigte.

5). Für einen Würfel fand *Riess*, ähnlich wie *Coulomb* unter 4)., dass die elektrische Dichtigkeit von der Mitte der Würfelfläche nach den Ecken und Kanten hin zunimmt.

tion wieder erlangt. Wie in Antwort der Frage 251, bezw. in der Erkl. 796 erwähnt, kann man nämlich aus diesen Beobachtungen den Zerstreuungskoeffizient für den Prüfungskörper bestimmen, alsdann die Messung mittels des zweiten Prüfungskörpers auf die Zeit der Messung mittels des ersten Prüfungskörpers reduzieren und hiernach für ein und dieselbe Zeit das gesuchte Verhältnis der elektrischen Dichtigkeiten an den gedachten Stellen bestimmen.

Frage 256. Was kann man in bezug auf die Art der Verteilung zweier in leitender Verbindung stehender isolierter elektrischer Körper aussagen?

Figur 251.



Antwort. Sind zwei isolierte Körper, z. B. wie in der Figur 251 angedeutet ist, zwei ungleiche Kugeln *A* und *B* leitend verbunden und wird einer dieser Kugeln eine gewisse Elektricitätsmenge mitgeteilt, so wird sich die Elektricität auf den Oberflächen beider Kugeln in der Weise anordnen, dass dieselbe auf der kleineren Oberfläche der kleineren Kugel eine grössere elektrische Dichtigkeit zeigt als auf der Oberfläche der grösseren Kugel.

Nimmt man nämlich an, der die Kugeln *A* und *B* verbindende Draht sei im Verhältnis zu der Grösse der beiden Kugeln sehr (verschwindend) dünn, bezw. die auf dem Verbindungsdraht sich anordnende Elektricitätsmenge sei im Ver-

hältnis zu den auf den Kugeln A und B sich anordnenden Elektricitätsmengen = Null, so wird z. B. ein in der Mitte des Verbindungsdrahts befindliches elektrisches Teilchen, unter der Voraussetzung, dass der Verbindungsdraht so lang ist, dass sich die auf den Kugeln A und B befindlichen Elektricitäten direkt nicht beeinflussen können, sondern dass jede derselben nur eine abstossende Wirkung auf eines in der Mitte des Verbindungsdrahts befindlichen elektrischen Partikelchen ausübt, von der Elektricitätsmenge, welche sich auf der Kugel A befindet, mit derselben Kraft abgestossen als von der Elektricitätsmenge, welche sich auf der Kugel B befindet. Da sich nun die Oberflächen $4\pi r^2$ und $4\pi r_1{}^2$ der Kugeln A und B wie die Quadrate ihrer Radien r und r_1 verhalten, und da man annehmen darf, dass auf beiden Kugeln fast gleiche Mengen Elektricität angeordnet sind, indem sonst das in der Mitte des Verbindungsdrahts befindliche elektrische Teilchen, auf welches aus gleichen Entfernungen die Elektricitäten der Kugeln A und B wirken, sich nicht in einem Gleichgewichtszustand befinden kann und seine Lage verlassen müsste, die Dichtigkeit auf jeder der Kugeln aber nach der Erkl. 804 gleich dem Quotienten ist, welchen man erhält, wenn man mit der Oberfläche derselben in die auf ihr befindliche Elektricitätsmenge dividiert, so erhält man hieraus und in Rücksicht der vorstehender Betrachtung zu Grunde gelegten Annahmen für das Verhältnis der elektrischen Dichtigkeiten d und d_1 der Kugeln A und B die Relation:

a). . . $d : d_1 = \frac{Q}{4\pi r^2} : \frac{Q}{4\pi r_1{}^2}$

oder:

b). . . $d : d_1 = r_1{}^2 : r^2$

Da sich aus dieser Proportion für d_1 die Beziehung:

$$d_1 = \frac{r^2}{r_1{}^2} \cdot d$$

ergibt, so muss also hiernach die Dichtigkeit d_1 auf der Kugel B um so grösser

Erkl. 813. Die in nebenstehender Antwort gemachte Aussage kann durch Rechnung mittels des elektrischen Potentials, bezw. mittels des sogen. Potentialniveaus nachgewiesen werden (siehe Kleyers Lehrbuch der Potentialtheorie).

Erkl. 814. In nebenstehender Antwort ist der Beweis enthalten, warum auf den hervorspringenden Teilen eines isolierten und elektrisierten Körpers die Dichtigkeit der Elektricität eine grössere sein muss, als auf andern Teilen des Körpers; denn denkt man sich, siehe Figur 251, die Kugel B immer kleiner und kleiner werdend, so muss die Dichtigkeit auf derselben nach nebenstehender Antw. stetig wachsen, es muss also, wenn die Kugel denselben Durchmesser als der Verbindungsdraht hat, die elektrische Dichtigkeit in dem Draht nach dessen freiem Ende in diesem Sinne stetig zunehmen.

Erkl. 815. In nebenstehender Antwort wurde angenommen, dass der Verbindungsdraht zwischen den beiden isolierten Leitern so lang ist, dass die Wirkung der Elektricität von dem einen Leiter auf den andern vernachlässigt werden kann und dass diese Leiter selbst Kugeln sind; ist beides nicht der Fall, so lässt sich nicht mehr, wie in nebenstehender Antwort und in der Erkl. 813 angedeutet ist, die Art der Verteilung durch Rechnung bestimmen, und in solchen Fällen müssen experimentelle Untersuchungen angestellt werden.

Für die Kugel und einige andre Körper stellten *Coulomb* und *Poisson* eine Reihe derartiger Experimente an und suchten die mittlere Dichtigkeit solcher elektrisierten Körper zu bestimmen. (Siehe Coulomb, Mémoires de l'Acad. de Paris 1787 und Poisson, Mémoires de l'Acad., Paris 1811.)

werden, je kleiner ihr Halbmesser r_1 in bezug auf den Halbmesser r der mit ihr in leitender Verbindung stehenden Kugel A ist. Dies kann man auch nachweisen, wenn man die Betrachtung nicht allein auf das in der Mitte des Verbindungsdrahts im Zustand des Gleichgewichts befindliche elektrische Teilchen, sondern auch auf ein beliebiges anderes elektrisches Teilchen in dem Verbindungsdraht bezieht (siehe die Erkl. 813—815).

5). Ueber die Messung der gebundenen oder Influenzelektricität der 1ten Art.

Frage 257. Welche Gesetze wurden in bezug auf die bindende, bezw. auf die influenzierende Wirkung eines elektrischen Körpers auf einen benachbarten isolierten Leiter aufgestellt?

Antwort. In bezug auf die bindende, bezw. auf die influenzierende Wirkung eines elektrischen Körpers auf einen benachbarten isolierten Leiter wurde im allgemeinen folgendes festgestellt:

Die Menge der Influenzelektricität der 1ten Art, welche ein elektrischer Körper A in einem benachbarten isolierten Leiter B zu erregen oder zu binden vermag, ist abhängig von der Menge der erregenden Elektricität, von der Form des influenzierten Leiters B, von seiner Lage gegen den influenzierenden Körper A und von der Entfernung beider.

In bezug auf die Menge der im influenzierenden Körper A vorhandenen Elektricität und dessen Entfernung von dem influenzierten Körper B, wenn beide Körper die Gestalt von Kugeln haben, wurden folgende zwei Gesetze aufgestellt:

1). Die Mengen der Elektricität, welche ein elektrischer Körper A in einem benachbarten isolierten Leiter B zu influenzieren, bezw. zu binden vermag, sind unter sonst gleichen Umständen den Anziehungen proportional.

2). Die Mengen der Elektricität, welche ein elektrischer Körper A in einem benachbarten isolierten Leiter B zu influenzieren, bezw. zu binden vermag, sind unter sonst gleichen Umständen umgekehrt proportional den Entfernungen beider.

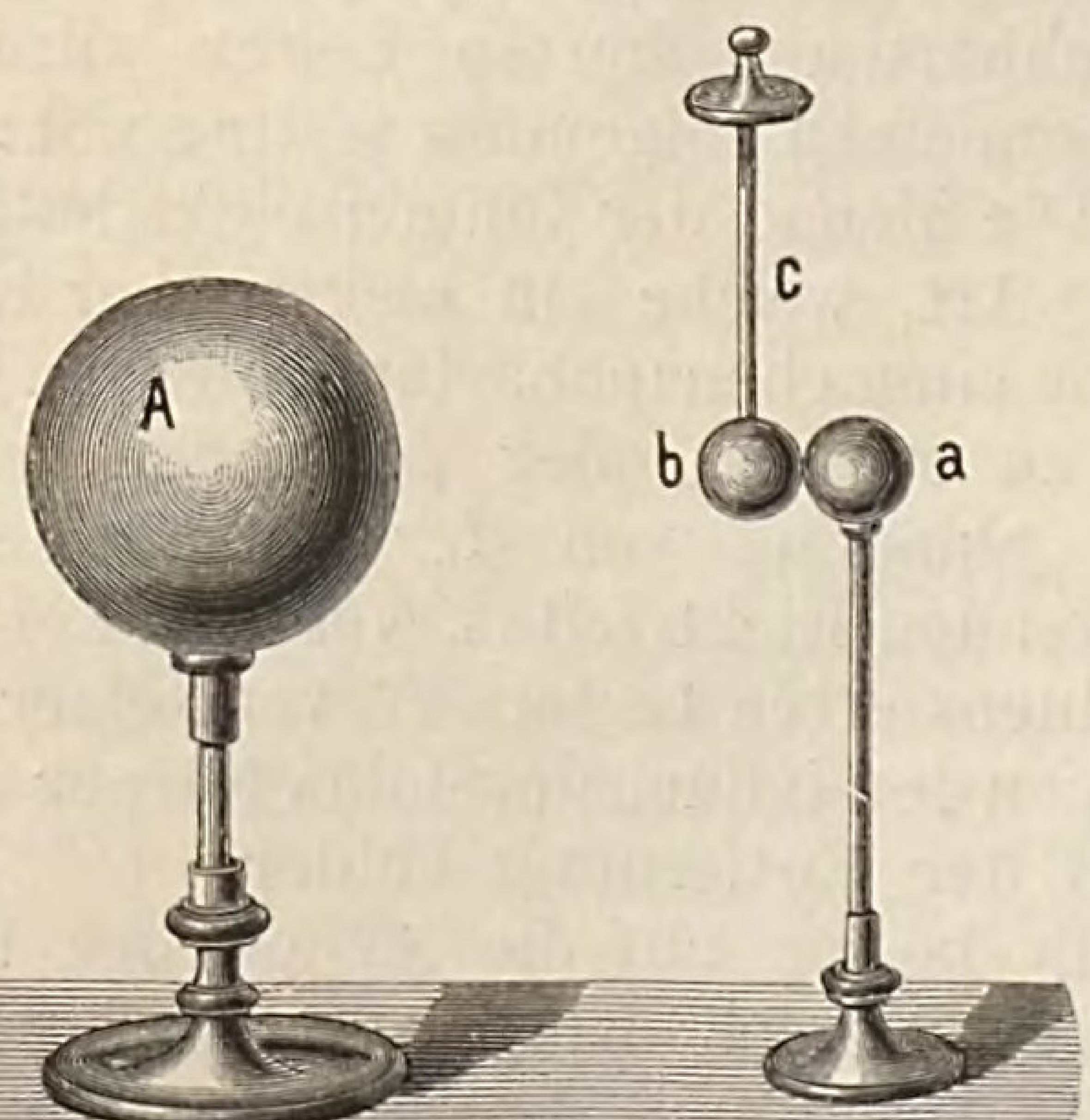
Allgemeine Gesetze, in welchen alle jene Abhängigkeitsverhältnisse berücksichtigt sind, werden sich nur sehr schwer aufstellen lassen.

Frage 258. Auf welche Weise wurden die in voriger Antwort erwähnten Gesetze nachgewiesen?

Antwort. Das in voriger Antwort unter 1). erwähnte Gesetz wurde wie folgt nachgewiesen:

In der Nähe einer grossen elektrisierten Kugel *A*, siehe Figur 252, wurde die kleine isolierte Kugel *a* aufgestellt, und zwischen beiden an letzterer anliegend die der Kugel *a* gleiche Kugel *b*, welche mit einem isolierenden Stiele *c* versehen war, um sie zu weiteren Versuchen mit der Torsionswage als Standkugel benutzen zu können, angebracht.

Figur 252.

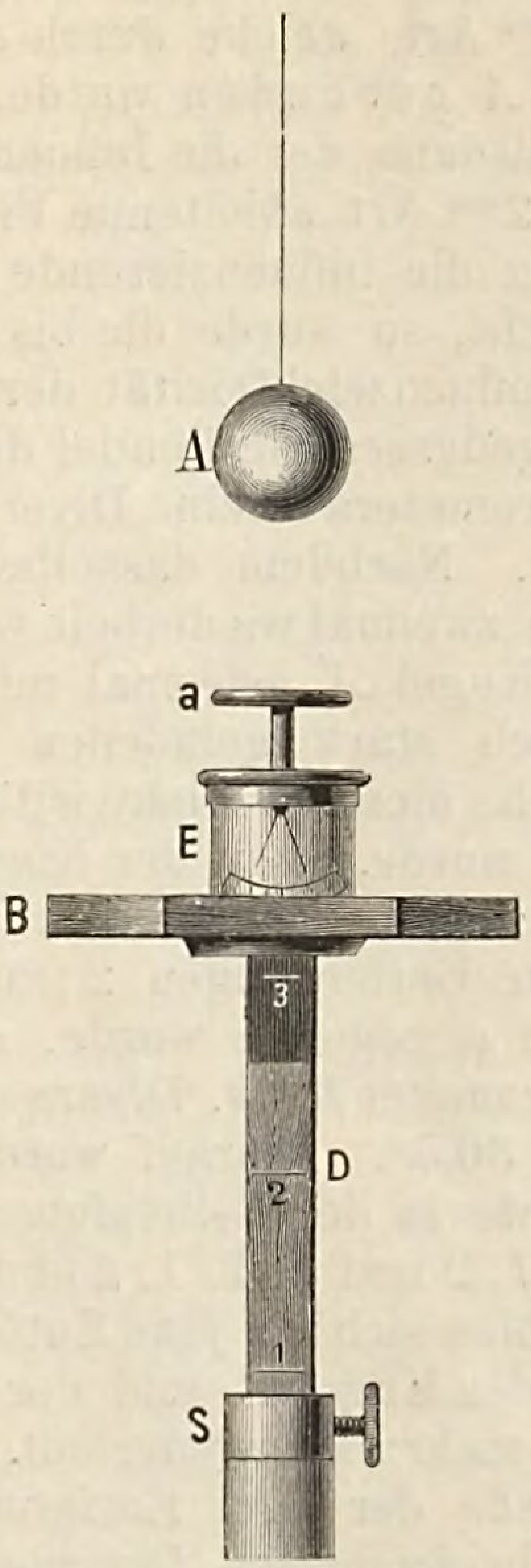


Infolge der influenzierenden Wirkung der elektrisierten Kugel *A* auf die in Berührung sich befindenden Kugeln *a* und *b* wurde in der der Kugel *A* zunächst gelegenen Kugel *b* Influenzelektricität der 1ten Art erregt und gebunden, während in der entfernteren Kugel *a* die gleiche Menge Influenzelektricität der 2ten Art erregt wurde. — Dass dies in der That der Fall, wurde wie folgt bewiesen: War z. B. die Kugel *A* mit $+E$ geladen und man brachte die der Kugel *A* zunächst befindliche Kugel *b*, welche infolge der Influenz mit $-E$ geladen war, in die Torsionswage, so erfuhr der Wagbalken nach der Berührung mit der Kugel *b* eine gewisse Ablenkung; vertauschte man hingegen die Kugeln *b* und *a* in bezug auf ihre Stellung zur influenzierenden Kugel *A* und brachte dann die Kugel *b*, welche nunmehr infolge der Influenzierung mit $+E$ geladen war, in die Torsionswage, so erfuhr der Wagbalken nach der Berührung mit der Kugel *b* dieselbe Ablenkung wie vorher, woraus geschlossen werden kann, dass auf jeder der Kugeln *a* und *b* stets die gleichen Mengen entgegengesetzter Elektricitäten durch Influenz erregt werden.

Nachdem also in der durch die Figur 252 dargestellten Lage der drei Kugeln zu einander die Kugeln *a* und *b* durch Influenz elektrisiert waren, wurde die

Kugel b, welche die Influenzelektricität der 1ten Art, die sogen. gebundene Elektricität enthielt, in die Torsionswage gebracht und die auf ihr erregte Elektricitätsmenge gemessen. Hierauf wurde die Kugel b wieder an ihre frühere Stelle gebracht und der influenzierenden Kugel A, durch Berührung mit einer ihr ganz gleichen Kugel, die Hälfte ihrer Elektricität genommen. Wurde hierauf die Elektricität der Kugel b wieder in der Torsionswage gemessen, so fand sich, dass sie nur halb so viel Elektricität besass als vorher, u. s. f.

Figur 253.



Bezeichnet man hiernach die Elektricitätsmenge, welche sich auf einem Leiter A befindet, allgemein mit M, die Elektricitätsmenge, welche von jener auf einem andern Leiter b erregt und gebunden wurde, mit m, und bezeichnet man ferner mit k einen konstanten Koeffizienten, welcher abhängig ist von der Form des influenzierten Leiters b, von seiner Lage gegen den influenzierenden Leiter A und von der Entfernung beider, so besteht die allgemeine Beziehung:

2). $m = \pm k \, . \, M$

Das in voriger Antwort unter 2). erwähnte Gesetz wurde wie folgt bewiesen:

Mittels eines gut isolierenden Fadens wurde die hohle Messingkugel A, siehe Figur 253, welche einen Durchmesser von 5 cm hatte, aufgehängt. Vertikal unter derselben wurde das mit einer empirischen Gradeinteilung und mit der Messingplatte a von 4 cm Durchmesser versehene Strohhalmelektrometer E auf der Platte B, welche in dem Stativ S auf- und abgeschoben werden konnte, aufgestellt.

An dem Stab D, an welchem die Platte B befestigt war und welcher in dem Stativ S auf- und abgeschoben werden konnte, waren die Striche 1, 2 und 3 in einem Abstande von 8 cm angebracht. Die Kugel A war so aufgehängt, dass wenn der unterste Teilstrich 1 genau an dem Kopf des Stativs S stand, die Platte a des Elektrometers E genau 8 cm von dem Mittelpunkt der Kugel A entfernt war. Nimmt man diese Entfernung als Entfernungseinheit an, so waren die Ent-

fernungen der Platte *a* von der Kugel *A*, bezw. = 2 oder = 3 dieser Einheiten, wenn der Stab *D* so gestellt wurde, dass sich der Teilstrich 2, bezw. der Teilstrich 3 an dem obersten Ende des Stativs befand. Wurde nun die Kugel *A* in der Entfernung = 3 jener Einheiten durch Berührung mit dem Knopf einer Verstärkungsflasche geladen (siehe Erkl. 816) und die Platte *a* mit dem Finger ableitend berührt, so blieb in dem Elektrometer *E* nur die Influenzelektricität der 1ten Art, welche durch die Elektricität in *A* gebunden wurde, zurück. Wurden alsdann der die Influenzelektricität der 2ten Art ableitende Finger und gleichzeitig die influenzierende Kugel *A* weggebracht, so wurde die bis jetzt gebundene Influenzelektricität der 1ten Art frei, infolgedessen die Pendel des Strohhalmelektrometers *E* eine Divergenz von 6° zeigten. Nachdem dasselbe Experiment noch zweimal wiederholt wurde, indem der Kugel *A* jedesmal mittels der stets gleich stark geladenen Verstärkungsflasche dieselbe Elektricitätsmenge mitgeteilt wurde, aber der Kugel *A* die in jene Entfernungseinheit von 8 cm ausgedrückten Entfernungen 2 und 3 von der Platte *a* gegeben wurde, so zeigte das Elektrometer bezw. Divergenzen von 120° und 30,5°. Hierauf wurden diese Experimente in der Reihenfolge: 2, 1, 2 und 3; 2, 1, 2 und 3; 2, 1, 2 und 3 u. s. f., welche Zahlen sich auf jene Entfernungen zwischen der Kugel *A* und der Platte *a* beziehen, mehrmals wiederholt, und aus den für jede der drei Entfernungen 1, 2 und 3 beobachteten Divergenzen die arithmetischen Mittel genommen.

Erkl. 816. Bei dem Laden der Kugel *A* durch Berührung mittels einer Verstärkungsflasche, siehe Figur 253 und nebenstehende Antwort, musste letztere wieder rasch entfernt werden, da die Kugel *A* bei den aufeinanderfolgenden Experimenten stets eine und dieselbe Elektricitätsmenge aufnehmen sollte, weshalb auch stets eine und dieselbe Verstärkungsflasche benutzt wurde, welche zu der ganzen Versuchsreihe nur eine einmalige Ladung erhielt. Obgleich die Ladung dieser Verstärkungsflasche durch die öftere Berührung mit der Kugel *A* stets vermindert wurde, so zeigte die Flasche nach allen diesen Versuchen nur eine geringe Abnahme ihrer elektrischen Ladung.

Man erhielt hiernach:

Entfernungen	Divergenzen in Grade ausgedrückt									Arithmetisches Mittel der Divergenzen
1	30,5	31,5	30	31	30					30,6°
2	12	12	10	12	11	10,5	11,5	11	11,5	11,4°
3	6	5,5	6	7	6					6,2°

Da nun nach der empirischen Graduierung jenes Strohhalmelektrometers

einer Ladung von 8,5	ein Ausschlag von 30,6 °	d. s. die arithmetischen Mittel aus jenen beobachteten Divergenzen
„ „ „ 2,08	„ „ „ 11,4 °	
„ „ „ 0,96	„ „ „ 6,2 °	

entsprach, und da das Verhältnis 8,5 : 2,08 : 0,96 der Ladungen des Elektrometers nahezu $= 1 : \frac{1}{4} : \frac{1}{9}$ bezw. $= \frac{1}{1^2} : \frac{1}{2^2} : \frac{1}{3^2}$ war, so ergab sich hieraus, dass die anziehende Wirkung, welche die Kugel A auf die Platte a aus verschiedenen Entfernungen ausübte, umgekehrt proportional diesen Entfernungen waren, und dass ferner, weil jene anziehenden Wirkungen nach dem in Antwort der Frage 238 ausgesprochenen zweiten Gesetz proportional den Produkten der aufeinanderwirkenden Elektricitätsmengen sind, die Elektricitätsmenge auf der Kugel A aber immer dieselbe ist, mithin für das Verhältnis jener anziehenden Wirkungen =

$M . m : M . m_1 : M . m_2$ oder $= m : m_1 : m_2$

gesetzt werden kann, wenn M die der Kugel A mitgeteilte Elektricitätsmenge bedeutet und wenn m, m_1, m_2 bezw. die Elektricitätsmengen bedeuten, welche von der Elektricitätsmenge M der Kugel A aus den Entfernungen 1, 2 und 3 auf der Platte a durch Influenz erregt wurden, auch die in der Platte a erregten und gebundenen Elektricitätsmengen unter sonst gleichbleibenden Umständen umgekehrt proportional den Quadraten der Entfernungen von der influenzierenden Kugel sind.

6). Ueber die quantitative Ladung der elektrischen Ansammlungsapparate.

(Bindungszahl, Ladungsgrenze und Verstärkungszahl.)

Frage 259. Was versteht man unter der sogen. Bindungszahl, was unter der Ladungsgrenze und was unter der Verstärkungszahl eines Ansammlungsapparats?

Antwort. Um zur Definition der sog. Bindungszahl, der Ladungsgrenze und der sog. Verstärkungszahl eines elektrischen Ansammlungsapparats zu gelangen, beachte man folgendes:

Erkl. 817. Führt man die durch die Quotienten

$$\frac{E}{1-k^2} \text{ und } -\frac{k \cdot E}{1-k^2}$$

angedeuteten Partialdivisionen z. B. wie folgt aus:

$$\begin{array}{l|l} E & 1-k^2 \\ \hline +E-k^2 \cdot E & E+k^2 \cdot E+k^4 \cdot E \\ - \quad + & \\ \hline \quad +k^2 \cdot E & \\ \quad +k^2 \cdot E - k^4 \cdot E & \\ \quad - \qquad + & \\ \hline \qquad +k^4 \cdot E & \end{array}$$ u. s. f.,

so erhält man:

$$\frac{E}{1-k^2} = +E+k^2 E + k^4 E + \ldots$$

und

$$k \cdot \frac{-E}{1-k^2} = k\left(-E-k^2 E - k^4 E - \ldots\right)$$

Erkl. 818. Ist für eine Verstärkungsflasche die Bindungszahl $k = 0{,}95$, so ist nach nebenstehender Antwort die Verstärkungszahl

$$\frac{1}{1-k^2} = \frac{1}{1-0{,}95^2} \text{ oder gleich } 10.$$

Würde man also die äussere Belegung dieser Verstärkungsflasche, welche die Kondensatorplatte vorstellt, ableitend berühren, so würde sich auf der inneren Belegung, welche die Kollektorplatte vorstellt, eine 10mal grössere Elektricitätsmenge ansammeln.

Erkl. 819. Dass in der That ein Ansammlungsapparat, z. B. eine Verstärkungsflasche, wie in voriger Erklärung erwähnt, eine grössere Elektricitätsmenge aufnimmt, wenn die äussere Belegung (die Kondensatorplatte) ableitend berührt wird, kann man unter anderm wie folgt experimentell darthun.

Stellt man eine Verstärkungsflasche gut isoliert auf und bringt die innere Belegung derselben (die Kollektorplatte), welche mit einem Quadrantenelektrometer in Verbindung steht, mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine in leitende Verbindung, so wird das Elektrometer schon bei einer Drehung einen gewissen Ausschlag, z. B. von 25° zeigen. Berührt man nunmehr die äussere Belegung der Flasche (die Kondensatorplatte) ableitend, so wird die Elektricität auf der inneren Belegung sofort gebunden, was man daran erkennt, dass das Pendel des Elektrometers herabfällt. Führt man nunmehr durch weiteres Drehen der Maschine der inneren Belegung wieder Elektricität zu, so werden 8 bis 10 Umdrehungen der Maschine nötig sein,

Hat man z. B. den durch die Figur 255 dargestellten elektrischen Ansammlungsapparat und ist nach Entfernung der Kondensatorplatte A der Kollektorplatte B mittels eines Zuleitungsdrahts von einer Elektricitätsquelle, z. B. von dem Konduktor einer Elektrisiermaschine die grösste Elektricitätsmenge $+E$ mitgeteilt worden, welche dieselbe bis zum Ausströmen aufnehmen kann, so hat die Dichtigkeit der Elektricität auf dem Zuleitungsdraht ihr Maximum D erreicht und diese Dichtigkeit D entspricht der Dichtigkeit auf dem Konduktor der Elektrisiermaschine. Wird alsdann der Kollektorplatte B die mit der Erde in leitender Verbindung stehende Kondensatorplatte A gegenübergestellt, so wird infolge der influenzierenden Wirkung (siehe Antwort der Frage 130) auf der Kondensatorplatte A eine gewisse Menge entgegengesetzter Elektricität (Influenzelektricität der 1ten Art) gebunden, die Menge dieser auf der Kondensatorplatte A gebundenen negativen Elektricität ist gleich einem gewissen Bruchteil jener Elektricitätsmenge $+E$, also $= k \cdot -E$ oder $= -k \cdot E$, wenn man mit k jenen Bruchteil bezeichnet. Dieser Bruchteil k ist stets ein echter Bruch; derselbe ist unabhängig von der Dicke und der Beschaffenheit der beide Platten trennenden und isolierenden Schicht und wird Bindungszahl oder Bindungskoeffizient genannt.

Jene auf der Kondensatorplatte gebundene Influenzelektricität der 1ten Art, deren Menge also durch $-k \cdot E$ ausgedrückt wird, bindet wieder rückwärts auf der Kollektorplatte A in derselben Weise die Elektricitätsmenge $+k \cdot k \cdot E$ oder $+k^2 \cdot E$. Die Kollektorplatte A wird also hiernach nur noch die Menge $E - k^2 \cdot E$ oder $E\,(1-k^2)$ freie $+E$ zeigen und die vorherige Dichtigkeit D im Zuleitungsdraht wird verringert, indem sie nunmehr dieser kleineren Elektricitätsmenge $(E - k^2\, E)$ entspricht. Die nächste Folge hiervon wird sein, dass wieder von der Elektricitätsquelle eine solche Menge Elektricität auf den

bis das Elektrometer wieder den früheren Ausschlag von 25° zeigt, woraus sich ergibt, dass die innere Belegung der Flasche nunmehr eine circa 8 bis 10mal grössere Elektricitätsmenge aufgenommen hat, als vor der ableitenden Berührung der äusseren Belegung.

Erkl. 820. Wird eine Verstärkungsflasche nach dem in Antwort der Frage 144 angegebenen Verfahren durch abwechselndes Berühren der äusseren und inneren Belegung allmählich entladen, so werden in umgekehrter Weise als nebenstehend angegeben, der inneren Belegung (der Kollektorplatte) die Elektricitätsmengen E, $+k^2 E$, $+k^4 E$, $+\ldots$ der äusseren Belegung (der Kondensatorplatte) die Elektricitätsmengen $-k E$, $-k^3 E$, $-k^5 E$ u. s. f. entzogen.

Erkl. 821. Bei der Ladung eines Ansammlungsapparats kann die Verstärkungszahl, bezw. die Ladungsgrenze desselben nur dann erreicht werden, wenn sich nicht vorher die durch die Isolatoren getrennten Elektricitäten durch dieselben oder um dieselben herum vereinigen, wenn also die Isolation nicht derart ist, dass sie der Vereinigung der entgegengesetzten (gebundenen) Elektricitäten ein kräftiges Hindernis entgegenstellen.

Erkl. 822. Mittels des elektrischen Potentials kann für einfach mathematisch geformte Ansammlungsapparate die Verstärkungszahl berechnet werden.

Siehe Kleyers Lehrbuch der Potentialtheorie und deren Anwendung auf Magnetismus und Elektricität.

Zuleitungsdraht und auf die Kollektorplatte B strömt, dass die in dem Zuleitungsdraht verringerte elektrische Dichtigkeit wieder auf ihren vorherigen Stand kommt und dies findet statt, wenn von der Elektricitätsquelle auf die Kollektorplatte B soviel Elektricität übergegangen ist, dass die auf derselben befindliche freie Elektricitätsmenge $= +k^2 E$ ist. Diese auf der Kollektorplatte B befindliche freie Elektricitätsmenge bindet nunmehr auf der gegenüberstehenden Kondensatorplatte A, analog wie vorhin, die Elektricitätsmenge $-k \cdot k^2 E$ oder $-k^3 E$ und diese gebundene Elektricitätsmenge bindet rückwärts wieder auf der Kollektorplatte B in derselben Weise wie vorhin die Elektricitätsmenge $+k \cdot k^3 E$ oder $+k^4 \cdot E$. Setzt man diese Betrachtung fort, so erhält man für die Gesamtelektricitätsmenge, welche auf der Kollektorplatte B angesammelt ist, bis die sogen. Ladungsgrenze erreicht ist, bezw. bis die auf der Kondensatorplatte A erregte und gebundene Influenzelektricität der 1ten Art eine solche Elektricitätsmenge in der Kollektorplatte B gebunden hat, dass ein weiteres Ueberströmen von Elektricität aus der Elektricitätsquelle auf die Kollektorplatte B nicht mehr stattfindet:

$$+E + k^2 \cdot E + k^4 \cdot E + \ldots .$$

für welchen Ausdruck man nach der Erkl. 817 auch

$$\text{a).} \ldots . + \frac{E}{1-k^2}$$

setzen kann, und für die Gesamtmenge der in der Kondensatorplatte A erregten und gebundenen Influenzelektricität der 1ten Art, welche jener entgegengesetzt ist:

$$-kE - k^3 \cdot E - k^5 \cdot E - \ldots .$$

für welchen Ausdruck man nach der Erkl. 817 auch

$$\text{b).} \ldots . - \frac{k \cdot E}{1-k^2}$$

setzen kann.

Aus der Vergleichung der Ausdrücke unter a). und b). ergibt sich, dass die

Ladung auf der Kollektorplatte B um $\frac{1}{k}$ mal grösser ist als die auf der Kondensatorplatte A. Schreibt man den Ausdruck unter a). in der Form:

$$+E \cdot \frac{1}{1-k^2}$$

so kann man sagen: Die Ladung auf der Kollektorplatte B ist $\frac{1}{1-k^2}$ mal so gross als die Ladung E dieser Platte, als ihr die Kondensatorplatte B noch nicht gegenüberstand, und diesen Quotienten $\frac{1}{1-k^2}$ nennt man die Verstärkungszahl des betreffenden Ansammlungsapparats.

Frage 260. Was kann man in bezug auf die Verstärkungszahl eines elektrischen Ansammlungsapparats aussagen?

Antwort. Die experimentellen Versuche von *Riess* mittels des durch die Figur 255 dargestellten elektrischen Ansammlungsapparats, bei welchen er die Kollektorplatte direkt vor dem und direkt nach dem ihr die Kondensatorplatte gegenübergestellt wurde, mittels gepaarter Prüfungskörper berührte, ergaben folgende Resultate:

1). Die Verstärkungszahl ist von der Entfernung der beiden Platten abhängig und wird mit grösserer Entfernung derselben kleiner, sie ist also umgekehrt proportional der Entfernung der beiden Platten und zwar um so genauer, je kleiner jene Entfernungen sind.

2). Die Verstärkungszahl ist von der Grösse der Scheiben, der Kollektor- und Kondensatorplatte, abhängig; bei kleinem Abstand derselben ist dieselbe dem Durchmesser der Platten proportional.

3). Die Verstärkungszahl ist abhängig von der Länge des Zuleitungsdrahts.

4). Die Verstärkungszahl ist abhängig von der Art und Weise wie die Kondensatorplatte ableitend mit der Erde verbunden ist.

5). Von zweien Ansammlungsapparaten gleicher Art hat der grössere Ansammlungsapparat eine grössere Verstärkungszahl.

6). Die Verstärkungszahl ist von allen den Umständen abhängig, welche die

Form und Dimensionen des Apparats in irgend einer Weise ändern.

Aus dieser mannigfachen Abhängigkeit der Verstärkungszahl eines Ansammlungsapparats ergibt sich, dass die Verstärkungszahl eines solchen experimentell bestimmt werden muss, damit auch alle jene Einzelheiten berücksichtigt sind.

7). Ueber den Einfluss der Beschaffenheit des Isolators auf die Kondensatorladung.

(Dielektricitätskonstante.)

Frage 261. Wovon ist die quantitative Ladung eines Ansammlungsapparats im allgemeinen abhängig und was versteht man unter der sog. Dielektricitätskonstanten?

Antwort. Wie in Antwort der Frage 260 erwähnt, ist die quantitative Ladung eines Ansammlungsapparats von der Grösse, der Gestalt, dem Abstande der Kollektor- und Kondensatorplatte etc. abhängig, er ist aber auch von der Beschaffenheit des Isolators des betreffenden Ansammlungsapparats, bezw. von der Beschaffenheit der die Kollektor- und Kondensatorplatte isolierenden Zwischenschicht abhängig, indem *Faraday* nachgewiesen hat, dass jedem Isolator ein besonderes Verteilungsvermögen zukommt. Ersetzt man nämlich nach *Faraday* den Isolator eines Ansammlungsapparats durch einen andern Isolator, z. B. die Luftschicht, welche die Kollektor- und Kondensatorplatte des durch die Figur 255 dargestellten Ansammlungsapparats trennt und isoliert, ähnlich wie in dem durch die Figur 80 dargestellten Ansammlungsapparat, durch eine isolierende Harzschicht, so wird im ersten Falle die Kollektorplatte die Elektricitätsmenge E, im zweiten Falle, unter sonst gleichen Umständen, eine grössere Elektricitätsmenge E_1 aufnehmen. Das Verhältnis $E:E_1$, bezw. die Zahl, durch welche das verschiedene Verteilungsvermögen jener Isolatoren ausgedrückt wird, nennt man nach *Faraday* die Dielektricitätskonstante; bezeichnet man dieselbe mit D, so ist hiernach:

a). $D = E:E_1$

(Siehe die Erkl. 825.)

Erkl. 823. Die sorgfältigen Messungen von *L. Boltzmann* (siehe die Wiener Akad. Berichte, Bd. 67) ergaben für die Dielektricitätskonstante von Hartgummi, Paraffin, Schwefel und Kolophonium, wenn die Dielektricitätskonstante der Luft = Eins gesetzt wird, folgende Werte:

Für Hartgummi erhielt *Boltzmann* die Dielektricitätskonstante 3,15
„ Paraffin „ 2,32
„ Schwefel „ 3,84
„ Kolophonium „ 2,55

Erkl. 824. Ausser *Faraday*, dessen Versuche nur noch ein historisches Interesse haben, haben zur Bestimmung der Dielektricitätskonstanten die Physiker *Siemens*, *Gibson*, *Borklay* und *Boltzmann* Versuche angestellt. Theoretische Untersuchungen hierüber machten *Clausius*, *Maxwell* und *Helmholtz*.

Erkl. 825. Ausführliches über die Dielektricitätskonstante, deren Bestimmung und deren Zusammenhang mit der Bindungs- oder der Verstärkungszahl etc., findet man in Kleyers Lehrbuch der Dielektricität.

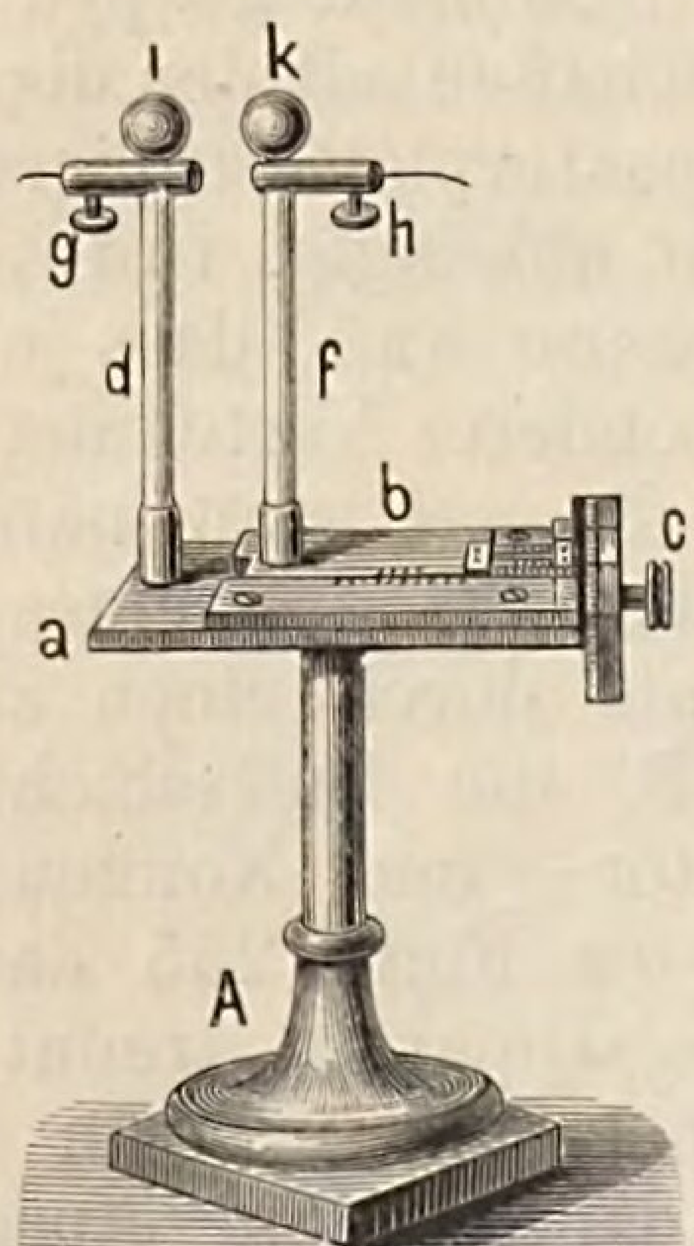
8). Ueber die Messung der Schlagweite.

Frage 262. Was versteht man unter der sogen. Schlagweite?

Antwort. Nähert man einem elektrisierten Körper einen mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Leiter, oder einen mit entgegengesetzter Elektricität geladenen andern Körper, so findet in gewisser Entfernung beider Leiter eine Entladung statt, indem ein Funke von dem einen zu dem andern Leiter überspringt. Die Entfernung, aus welcher dieser Funke überspringt, nennt man die Schlagweite (siehe Antwort der Frage 69).

Frage 263. Welches Gesetz findet in bezug auf die Schlagweite statt und in welcher Weise wurde dieses Gesetz festgestellt?

Figur 254.



Erkl. 826. Das Funkenmikrometer, siehe Figur 254, besteht aus dem schweren Metallfuss A, auf welchem eine 7,5 cm lange und 2,5 cm breite Metallplatte a befestigt ist. Auf dieser Platte a ist der mit einer Einteilung versehene Schlitten b angebracht, der mittels der Mikrometerschraube c hin- und herbewegt werden kann. An dieser Mikrometerschraube ist ebenfalls eine Teilung angebracht, auf welcher man mittels eines auf der Metallplatte s angebrachten Nonius jede Drehung der Mikrometerschraube, bezw. jede Fortbewegung des Schlittens durch dieselbe ablesen kann. Die Metallplatte a trägt die isolierende Glassäule d, der Schlitten b trägt die isolierende Glassäule f.

Antwort. In bezug auf die Schlagweite findet folgendes Gesetz statt:

Die Schlagweite ist, bei gleichem Zustand der an der Entladungsstelle vorhandenen Luftschicht, der elektrischen Dichtigkeit an der Entladungsstelle proportional (siehe die Erkl. 827—829).

Dieses Gesetz wurde aus den Versuchen von *Lane*, *Harris* und *Riess* abgeleitet.

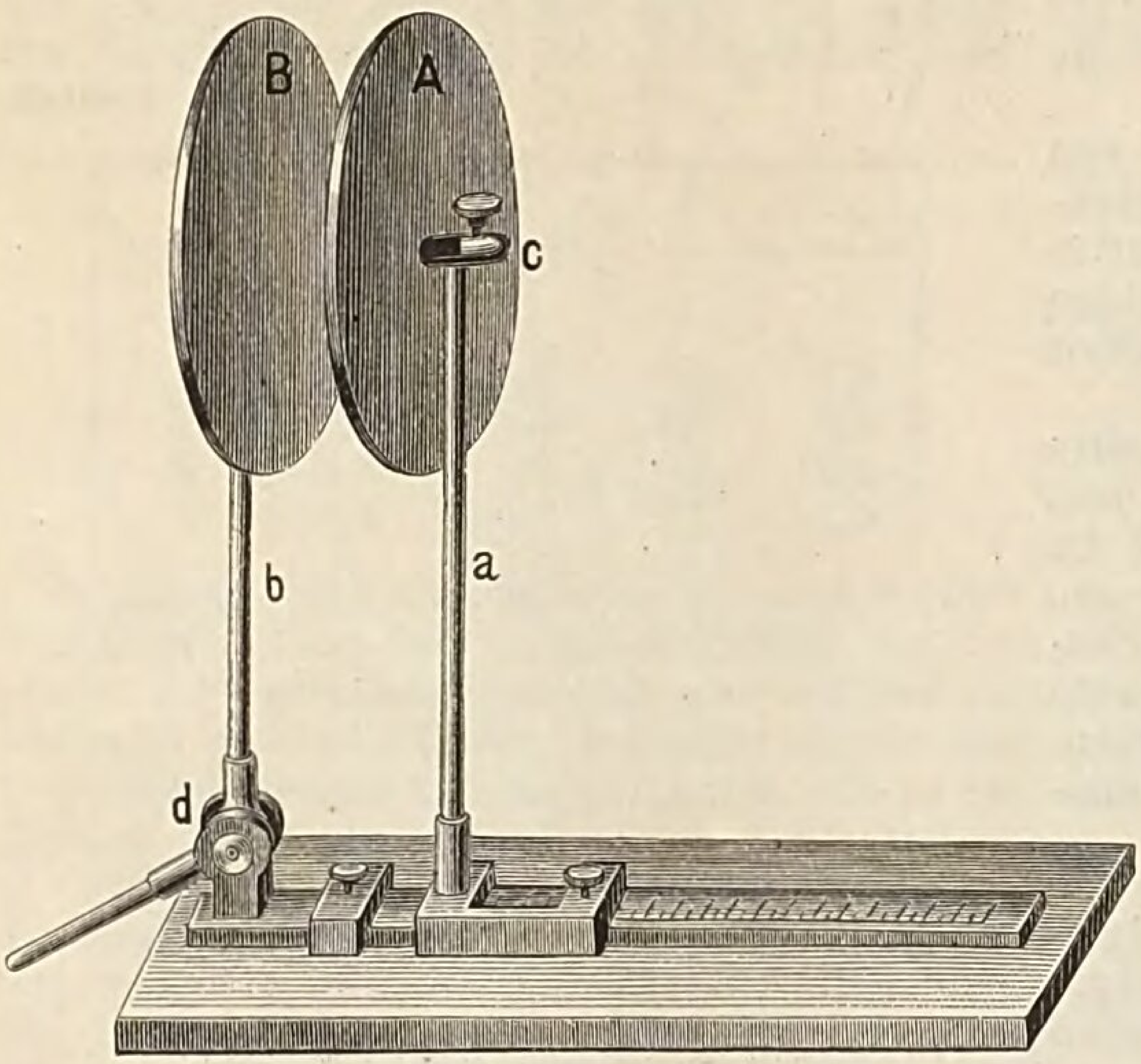
Die diesbezüglichen Versuche von *Riess* bestanden im allgemeinen in folgendem:

Riess verband mittels Metalldrähten die feststehende Kugel i des durch die Figur 254 dargestellten Funkenmikrometers (siehe Erkl. 826) mit der Kollektorscheibe B des durch die Figur 255 dargestellten Ansammlungsapparats, und setzte die bewegliche Kugel k, ebenso die Kondensatorplatte A mit den Gasröhren des Hauses, bezw. mit der Erde in gut leitende Verbindung.

Dann lud *Riess*, durch Berührung des zur Kollektorplatte B führenden Zuleitungsdrahts mittels einer Verstärkungsflasche die Kollektorplatte B, als ihr die Kondensatorplatte nicht gegenüberstand, und näherte mittels der Mikrometerschraube c die bewegliche Kugel k des Funkenmikrometers der festen Kugel i bis auf die Entfernung, aus welcher ein Funke zwischen beiden Kugeln k und i übersprang, und bestimmte

Diese Säulen d und f tragen horizontale Metallstäbchen, in welchen die Zuleitungsdrähte mittels der Klemmschrauben g und h befestigt werden können; oben auf jenen Metallstäbchen sind vertikale Metallzapfen angebracht, auf welche die Körper, zwischen welchen Funken überspringen sollen, aufgesteckt werden; in der Figur 254 sind als solche Körper die Kugeln i und k gewählt.

Figur 255.



Erkl. 827. Wie die Versuche von *Harris* (siehe Harris, Philosophical Transactions 1834) ergaben, ist die Schlagweite abhängig von der Beschaffenheit der zwischen den Entladungskugeln befindlichen Luftschicht, indem die Schlagweite um so kleiner wird, je dichter die Luft daselbst ist.

Die Versuche mittels einer immer gleich stark geladenen Verstärkungsflasche ergaben, dass wenn dieselbe unter dem Recipienten der Luftpumpe bei verschieden starker Verdünnung entladen wurde, die Schlagweite der Dichtigkeit, bezw. der Menge der Luft, welche sich zwischen den Enden des Schliessungsbogens befindet, umgekehrt proportional ist, dass also die Schlagweite um so kleiner wird, je dichter die Luft an der Stelle ist, an welcher der Entladungsschlag stattfindet.

Erkl. 828. Wie die Versuche von *Faraday* (siehe Poggendorffs Annalen Bd. 47) ergaben, ist die Schlagweite auch abhängig von der Natur des Gases, welches sich an der Entladungsstelle befindet. So ergaben die Versuche *Faradays*, dass z. B. die Schlagweite im Wasserstoffgas bedeutend grösser ist als im Chlorwasserstoffgas, dass sie hingegen im Wasser-

an den Einteilungen des Funkenmikrometers jene Entfernung zwischen den Kugeln k und i.

Dann lud *Riess*, auf dieselbe Weise wie vorhin, die Kollektorplatte B mit derselben Verstärkungsflasche, stellte aber der Kollektorplatte B die Kondensatorplatte A gegenüber und bestimmte auch in diesem Falle wie vorhin die Schlagweite zwischen den Kugeln k und i. Da nun die Verstärkungsflasche bei der zweiten Ladung der Kollektorplatte nicht dieselbe Menge Elektricität an letztere abgibt als bei der ersten Ladung, indem die Ladung der Flasche durch die erste Ladung der Kollektorplatte und durch Zerstreuung in die umgebende Luft etwas abgenommen hatte, der Kollektorplatte aber zur Vergleichung der Schlagweite stets gleiche Mengen Elektricität mitgeteilt werden müssen, so stellte *Riess* in bezug auf die Schlagweite noch eine Reihe alternierender Versuche an, ähnlich wie in Antwort der Frage 254, indem er abwechselnd die Schlagweiten bei zwei verschiedenen Entfernungen der Kollektor- und Kondensatorplatte bestimmte und das gesuchte Verhältnis der Schlagweiten gleich dem Verhältnis setzte, welches gebildet wurde aus dem arithmetischen Mittel der ersten und dritten Ladung der Kollektorscheibe und aus dem arithmetischen Mittel zwischen der zweiten und vierten Ladung derselben, indem ersteres arithmetische Mittel gleich der zweiten Ladung, bei welcher die Kondensatorplatte vorgesetzt ist, und letzteres arithmetische Mittel gleich der dritten Ladung, bei welcher die Kondensatorplatte wieder entfernt ist, gesetzt werden kann (siehe die Erkl. 832 bis 834).

stoffgas bedeutend kleiner ist als in der atmosphärischen Luft.

Erkl. 829. Das in Antwort der Frage 263 angeführte Gesetz über die Schlagweite gilt auch für die Schlagweite einer elektrischen Batterie oder eines andern Verstärkungsapparats, indem *Riess* nachgewiesen, dass die Schlagweite einer elektrischen Batterie, sobald sie stets an derselben Stelle der inneren Belegung entladen wird, der mittleren elektrischen Dichtigkeit der Batterie proportional ist (siehe die Erkl. 830 und 831).

Die Richtigkeit dieses Gesetzes wurde von *Riess* sowohl experimentell als auch durch Rechnung zu bestätigen gesucht und die übereinstimmenden Resultate, welche *Riess* nach beiden Verfahren erhielt, lassen auf die Richtigkeit dieses Gesetzes schliessen.

Rijke suchte dieses von *Riess* aufgestellte Gesetz umzustossen, indem er einwandte, dass *Riess* seine Untersuchungen nicht bis auf die kleinsten Entfernungen ausdehnte, hiergegen wandte jedoch *Riess* ein, dass bei kleinen Entfernungen das von ihm aufgestellte Gesetz durch die Influenzwirkung der nahe beieinanderstehenden Kugeln gestört wird. (Siehe Poggend. Annalen Bd. 56, 57, 58 und 59.)

Erkl. 830. Unter der mittleren elektrischen Dichtigkeit h einer Verstärkungsflasche versteht man den Quotienten, welchen man erhält, wenn man die Menge q der auf der inneren Belegung angesammelten Elektricität durch die Flächenausdehnung s der inneren Belegung dividiert; in Zeichen:

$$h = \frac{q}{s}$$ (siehe die Erkl. 802 u. 804)

Unter der mittleren elektrischen Dichtigkeit h einer Batterie, welche aus gleichen Verstärkungsflaschen zusammengesetzt ist, versteht man den Quotienten, welchen man erhält, wenn man die der inneren Belegung der Batterie mitgeteilte Elektricitätsmenge q durch die Anzahl f der Flaschen dividiert, in Zeichen:

$$h = \frac{q}{f}$$

Erkl. 831. Da nach dem in der Erkl. 829 aufgestellten Gesetz die Schlagweite einer Batterie abhängig ist von der elektrischen Dichtigkeit der Batterie, letztere aber unabhängig ist von dem Schliessungsbogen, bezw. unabhängig ist von der Beschaffenheit der von den Belegungen zu den Kugeln des Funkenmikrometers führenden Zuleitungsdrähte, so ergibt sich hieraus das Gesetz:

„Die Schlagweite ist unabhängig von dem Schliessungsbogen, bezw. unabhängig von der Beschaffenheit der die Kugeln des Funkenmikrometers mit den Belegungen des betreffenden

Verstärkungsapparats verbindenden Drähte."

Riess bewies diesen Satz auch direkt durch das Experiment und fand stets dieselbe Schlagweite, einerlei ob er den Schliessungsbogen durch einen kurzen dicken Kupferdraht oder durch einen langen dünnen Platindraht oder durch eine mit Wasser gefüllte und in den Schliessungsbogen eingeschaltete Glasröhre gehen liess.

Erkl. 832. Eine Versuchsreihe, welche *Riess* zur Aufstellung des in der Erkl. 829 erwähnten Gesetzes vornahm, ist in folgendem schematisch dargestellt:

s	2	3	4	5
d	q	q	q	q
1	—	3,0	3,5	4,3
2	3,0	5,5	7,0	8,5
3	4,6	8,0	10,1	12,5
4	6,4	10,3	13,5	16,0

In diesem Schema bedeuten die in der obersten Horizontalreihe stehenden Zahlen die Anzahlen s der gleichen Flaschen, aus welchen die Batterie bestand; ferner bedeuten die in der 1. Vertikalkolonne stehenden Zahlen die in die Einheit von 3 mm ausgedrückten Schlagweiten d; schliesslich bedeuten die in den folgenden Vertikalreihen stehenden Zahlen die Elektricitätsmengen q, welche den darüber stehenden Flaschenzahlen und den daneben stehenden Schlagweiten entsprechen, und von welchen jede durch die Anzahl der Selbstentladungen der benutzten Massflasche gemessen wurde.

Erkl. 833. Durch Messung an der Torsionswage stellte *Riess* fest, dass die von ihm zu nebenstehenden Zwecken benutzte Verstärkungsflasche bei jeder Berührung mit der Kollektorplatte 0,014 ihrer Elektricität abgab.

Erkl. 834. Während nach der Erkl. 831 die Schlagweite unabhängig von der Länge und der Substanz des Schliessungsbogens ist, ist die Lichtstärke und der den Entladungsschlag begleitende Knall abhängig von der Natur der den Schliessungsbogen bildenden Substanz und dessen Länge. Je schlechter nämlich das Leitungsvermögen ist, desto matter ist der Glanz des Funkens und desto schwächer der ihn begleitende Knall, wovon man sich durch das Experiment überzeugen kann.

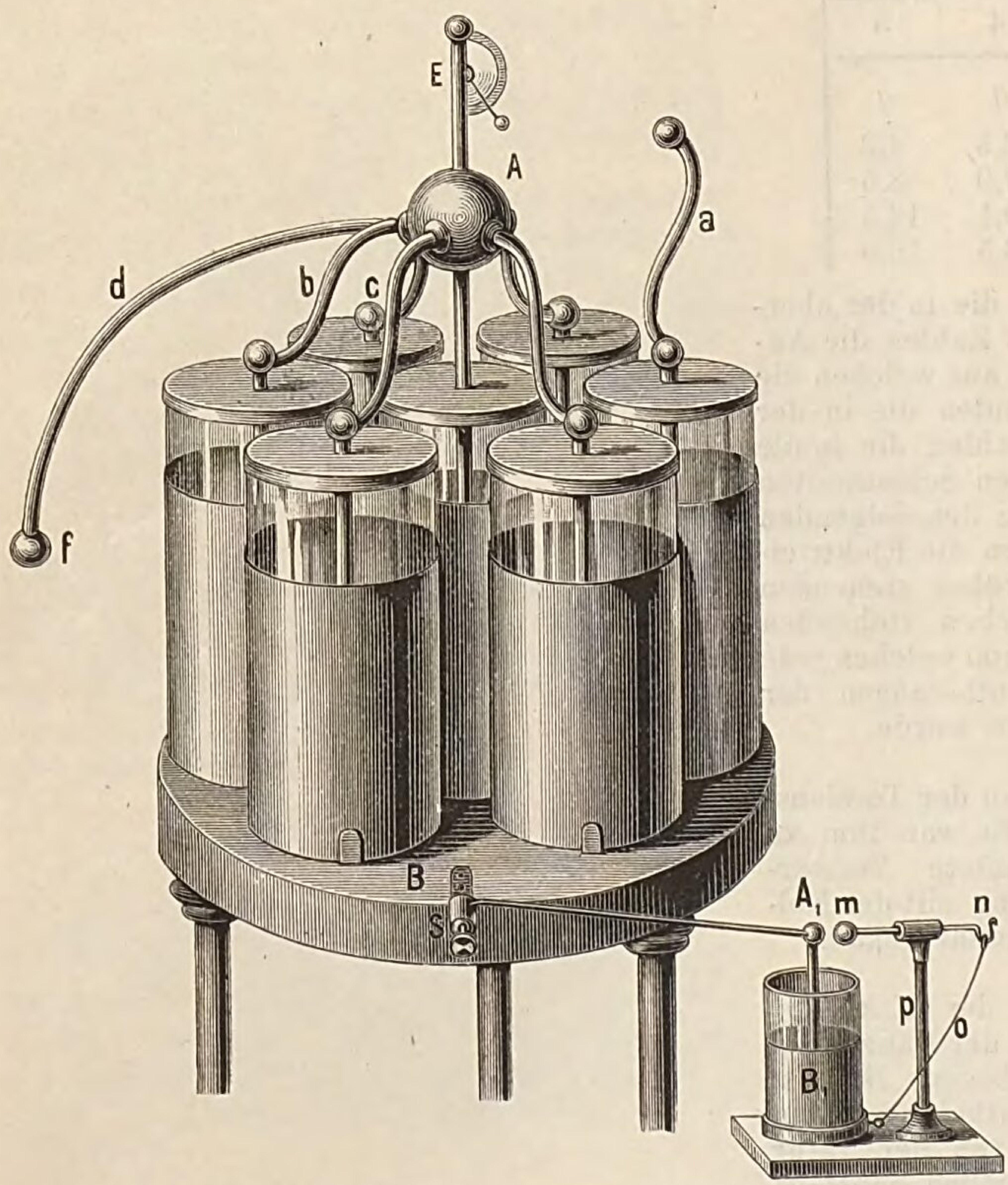
9). Ueber die Messung der elektrischen Dichtigkeit einer Batterie.

Frage 264. In welcher Weise kann man die elektrische Dichtigkeit einer Batterie messen?

Antwort. Da nach dem in Antwort der Frage 263 aufgestellten Gesetz und

nach den Erkl. 827 u. 829 die Schlagweite, bei gleichem Zustand der an der Entladungsstelle vorhandenen Luftschicht, der elektrischen Dichtigkeit des elektrischen Körpers, bezw. der **mittleren elektrischen Dichtigkeit** der Batterie (siehe Erkl. 829) proportional ist, so ergibt sich hieraus, dass man umgekehrt aus der Schlagweite einer Batterie die mittlere elektrische Dichtigkeit, welche die Batterie bei verschiedenen Ladungen derselben annimmt, vergleichen, bezw. relativ messen kann.

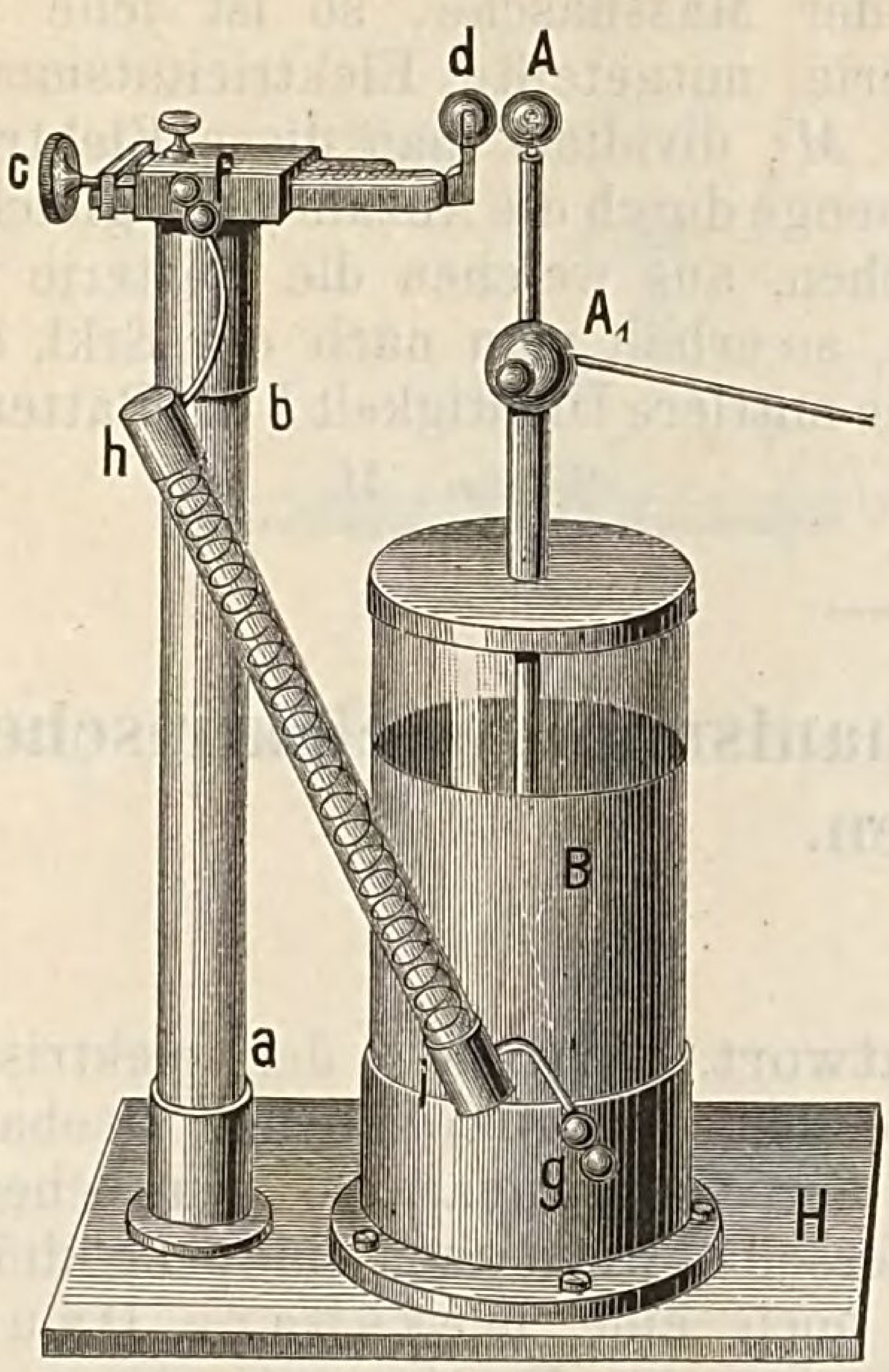
Figur 256.



Wollte man nun solche Messungen, wie soeben erwähnt, direkt vornehmen, so würde man nie ein Mass der Dichtigkeit erhalten, indem bei jeder Beobachtung der Schlagweite die Batterie entladen wird und somit das Mass, mit welchem man messen will, verloren ginge. Damit nun dieses Mass erhalten bleibt, benutzt man am besten die durch die Figur 257 dargestellte Massflasche, indem man die auf der äusseren Belegung der Batterie hervorgerufene Influenzelektricität nicht zur Erde, sondern auf die innere Belegung der Massflasche, siehe Figur 256, leitet und mittels der Schlagweite misst. Gibt man nämlich den Kugeln A_1 und m, siehe Figur 256, eine bestimmte Entfernung und es ist von der äusseren Belegung B der Batterie eine gewisse Menge Influenzelektricität der 2[ten] Art zur inneren Belegung A_1 der Massflasche übergegangen und hat diese Elektricität auf letzterer eine gewisse Dichtigkeit erreicht, so springt zwischen den Kugeln A_1 und m ein Funke über, indem eine Selbstentladung der Massflasche stattfindet (siehe die Erkl. 834[a]—836); ist wieder die-

Erkl. 834a. Bei den in nebenstehender Antwort erwähnten Messungen benutzt man am besten die durch die Figur 257 dargestellte Massflasche von *Riess.*

Figur 257.



Erkl. 835. Bei der in nebenstehender Antwort erwähnten Messung muss die Ladung der Batterie kontinuierlich, also durch fortgesetzte stetige Mitteilung von Elektricität geladen werden, damit die Massflasche auch stets in dem Moment entladen wird, in welchem sie die nötige Elektricitätsmenge erhalten hat.

Erkl. 836. Da wie bereits in den Antworten der Fragen 147 und 148 erwähnt, bei der Entladung einer Verstärkungsflasche oder einer Massflasche das sog. elektrische Residuum in der Flasche zurückbleibt, somit bei einer zweiten Ladung der Massflasche nicht mehr dieselbe Elektricitätsmenge erforderlich ist, als bei der ersten, so beginnt man die in nebenstehender Antwort erwähnten Messungen erst mit der zweiten Selbstentladung der Massflasche.

selbe Elektricitätsmenge übergegangen, so springt ein zweiter Funke über, u. s. f. (siehe Antwort der Frage 203). Nimmt man nun die Elektricitätsmenge als Einheit an, welche sich auf der inneren Belegung A_1 der Massflasche ansammelt, bis zwischen den Kugeln A_1 und m ein Funke überspringt, wenn letzteren eine beliebige, aber stets ein und dieselbe Entfernung gegeben wird, und berücksichtigt man, dass die Menge der auf der äusseren Belegung B der Batterie erregten Influenzelektricität proportional der dieselbe erregenden Elektricitätsmenge auf der inneren Belegung der Batterie ist, so erhält man mit der Anzahl der zwischen den Kugeln A_1 und m überspringenden Funken die Anzahl jener Einheiten, in welche man hiernach die der Batterie mitgeteilte Elektricitätsmenge ausdrücken kann.

Bezeichnet man nämlich die der inneren Belegung einer Batterie mitgeteilte Elektricitätsmenge, bis zu welcher bei einer bestimmten Entfernung der Kugeln A_1 und m zwischen denselben ein Funke überspringt, mit Q, und ist die durch diese Menge Q auf der äusseren Belegung der Batterie erregte Influenzelektricität der 1ten Art an Menge $= a . Q$, bezw. ist die auf die innere Belegung A_1 der Massflasche übergeführte Influenzelektricität der 2ten Art, bis jene Selbstentladung der Massflasche, bezw. das Ueberspringen eines Funkens zwischen den Kugeln A_1 und m stattfindet, $= a . Q$, so wird, wenn der Batterie, z. B. durch den Konduktor einer Elektrisiermaschine, fortgesetzt Elektricität mitgeteilt (siehe Erkl. 835) wird, eine zweite Selbstentladung der Massflasche stattfinden, wenn die Batterie wieder die Elektricitätsmenge Q erhalten hat u. s. f.

Hieraus ergibt sich, dass bei n Selbstentladungen der Massflasche, jener Batterie eine Elektricitätsmenge von $n . Q$ mitgeteilt worden sein muss. Wird also hiernach einer Batterie eine gewisse Elektricitätsmenge mitgeteilt und die Massflasche ergab n Selbstentladungen, so ist die der Batterie mitgeteilte Elektricitätsmenge $=$ der nfachen Elektricitäts-

menge, bei welcher eine Selbstentladung der Massflasche (bei bestimmter Entfernung der Kugeln A_1 und m) stattfand.

Bezeichnet man die Elektricitätsmenge, welche die Massflasche bei einer bestimmten Entfernung der Kugeln A_1 und m aufnehmen muss, damit eine Selbstentladung derselben erfolgt, allgemein mit M, und erfolgten n Selbstentladungen der Massflasche, so ist jene der Batterie mitgeteilte Elektricitätsmenge $= n \,.\, M$; dividiert man diese Elektricitätsmenge durch die Anzahl f der gleichen Flaschen, aus welchen die Batterie besteht, so erhält man nach der Erkl. 830 für die mittlere Dichtigkeit h der Batterie:

$$h = \frac{n \,.\, M}{f}$$

10). Ueber die Dauer und den Mechanismus der elektrischen Entladungen.

Frage 265. Was kann man in bezug auf die Dauer eines elektrischen Funkens, bezw. in bezug auf die Dauer einer elektrischen Entladung aussagen, und mittels welchen Instruments kann man diese Dauer messen?

Antwort. Obgleich der elektrische Funke bei der gewöhnlichen Beobachtung nur momentan zu sein scheint, hat derselbe, wenn auch eine sehr kleine, doch noch eine messbare Dauer. Lässt man z. B. ein von einem gewöhnlichen Licht beleuchtetes Rad, das in solch rasche Rotation versetzt ist, dass man die einzelnen Speichen nicht mehr erkennt, plötzlich durch einen elektrischen Funken beleuchten, so wird man die einzelnen Speichen des Rades im Moment des Aufleuchtens des elektrischen Funkens erkennen, was daher rührt, dass jeder Lichteindruck dem Auge eine gewisse Zeitlang bewahrt bleibt. Jene Dauer des elektrischen Funkens kann man mittels Wheatstones rotierendem Spiegel messen.

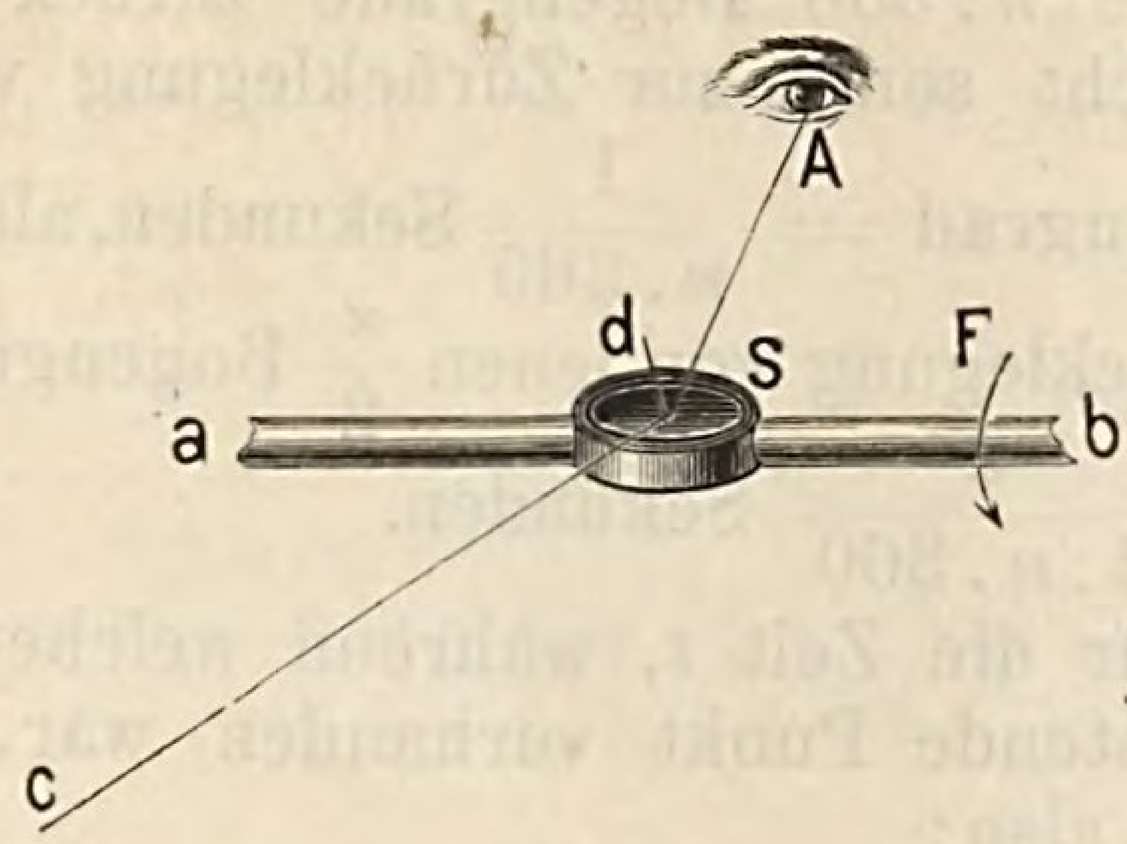
Erkl. 837. Dem Engländer *Wheatstone* gelang es zuerst, mittels eines rotierenden Spiegels die Dauer des elektrischen Funkens zu messen. *Feddersen* vervollkommnete die Messungen zur Bestimmung der Dauer des elektrischen Funkens.

Frage 266. Worauf beruht die Einrichtung und der Gebrauch von Wheatstones rotierendem Spiegel?

Antwort. Die Einrichtung und der Gebrauch von *Wheatstones* rotierendem Spiegel beruht in folgendem:

Ist, siehe Figur 258, S ein ebener Metallspiegel, welcher um die Achse ab in der durch den Pfeil F angedeu-

Figur 258.



Erkl. 838. Ein Gesetz aus der Lehre der Optik heisst:

„Lässt man vor einem leuchtenden Punkt einen ebenen Spiegel rotieren, so scheint das Spiegelbild in demselben einen Bogen zu beschreiben, welcher im Winkelmass doppelt so gross ist als der Winkel zwischen den beiden Stellungen des Spiegels, bei welchen das Spiegelbild des leuchtenden Punktes erscheint und verschwindet.“

Siehe Kleyers Lehrbuch der Optik.

teten Richtung in rotierende Bewegung gesetzt werden kann, und ist c ein leuchtender Punkt, z. B. eine brennende Kerze, so sieht man, wenn sich das Auge z. B. in A befindet und wenn der Spiegel in Ruhe ist, das Bild des Punktes c auf der Verlängerung der Sehlinie Ad. Wird nun der Spiegel S in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung in langsam rotierende Bewegung gesetzt, so sieht man das Bild des leuchtenden Punktes c stets an einer andern Stelle des Spiegels, und es scheint, als ob sich auch das Spiegelbild in gleichem Sinn mit dem Spiegel drehe, aber die doppelte Winkelgeschwindigkeit als der Spiegel habe; d. h., das Spiegelbild scheint einen Bogen zu beschreiben, welcher im Winkelmass doppelt so gross ist als der Winkel zwischen den beiden Stellungen des Spiegels, bei welchen das Spiegelbild des leuchtenden Punktes c erscheint und verschwindet (siehe Erkl. 838). Wird ferner der Spiegel S in rasche Rotation versetzt, so wird, da jeder Lichteindruck dem Auge eine gewisse Zeitlang bewahrt bleibt, das Bild des Punktes c, welches der ersten Stellung des Spiegels entspricht, in der man das Bild sehen konnte, fast zugleich mit den den folgenden Stellungen des Spiegels entsprechenden Spiegelbildern gesehen, so dass das Bild des leuchtenden Punktes in den verschiedenen Stellungen des Spiegels, welche derselbe bei der Rotation einnimmt, als eine einzige Lichtlinie erscheint, die um so länger ist, je länger der leuchtende Punkt vorhanden ist und je rascher der Spiegel selbst rotiert. Der Anfangs- und der Endpunkt dieser Lichtlinie entsprechen den Stellungen, welche der Spiegel im Moment des Auftretens und im Moment des Verschwindens des leuchtenden Punktes c hat.

Ist nun die Umdrehungsgeschwindigkeit des Spiegels bekannt, so kann man aus dieser und aus der gemessenen scheinbaren Länge, bezw. aus dem sog. Gesichtswinkel, die Länge der Zeit t bestimmen, während welcher der leuchtende Punkt vorhanden war; denn ist z. B. die Länge der Lichtlinie im Winkel-

mass $= \alpha^0$, so ist nach dem vorstehend und auch in der Erkl. 838 erwähnten optischen Gesetz die Zeitdauer, welche angibt, wie lange der leuchtende Punkt vorhanden war, gleich der Zeit, welche der in rasche Rotation versetzte Spiegel braucht, um eine Umdrehung von $\frac{\alpha^0}{2}$ zu machen. Macht nun der Spiegel n Umdrehungen in jeder Sekunde, so legt jeder Punkt des Spiegels in der Sekunde $n \,.\, 360$ Bogengrade zurück und braucht somit zur Zurücklegung von 1 Bogengrad $= \frac{1}{n \,.\, 360}$ Sekunden, also zur Zurücklegung von jenen $\frac{\alpha}{2}$ Bogengraden $= \frac{\alpha}{2 \,.\, n \,.\, 360}$ Sekunden.

Für die Zeit t, während welcher der leuchtende Punkt vorhanden war, hat man also:

$$t = \frac{\alpha}{2 \,.\, n \,.\, 360} \text{ Sekunden.}$$

Frage 267. In welcher Weise verfuhr *Wheatstone*, um mittels seines rotierenden Spiegels die Dauer des elektrischen Funkens, bezw. die Dauer einer elektrischen Entladung zu messen?

Antwort. Um mittels des rotierenden Spiegels die Dauer des elektrischen Funkens zu messen, verfuhr *Wheatstone* wie folgt:

Wheatstone befestigte einen ebenen Spiegel an einem rotierenden Apparat und setzte letzteren in Thätigkeit. In einer Entfernung von 3 m liess er dann unter anderm 10 cm lange Funken mittels einer Elektrisiermaschine, Entladungsfunken mittels einer elektrischen Batterie erzeugen; er liess ferner in einer 125 cm langen Glasröhre den elektrischen Funken über eine Reihe von Scheibchen aus Stanniol, welche schraubenförmig angeordnet waren, gehen; er liess ferner den elektrischen Funken durch eine 2 m lange evakuierte Glasröhre gehen etc. etc., aber stets so, dass die Richtung, nach welcher diese Funken übergingen, stets parallel der Umdrehungsachse des rotierenden Spiegels waren, und beobachtete die Spiegelbilder bei verschieden raschen Umdrehungen des Spiegels. Rotierte der Spiegel nur lang-

sam, so erschien der betreffende Funke in allen jenen Fällen, sobald er innerhalb des Gesichtsfeldes in dem Spiegel auftrat, stets so, als ob sich der Spiegel in Ruhe befände; wurde die Rotation eine schnellere, so erschien der betreffende Funke in allen jenen Fällen stets als eine scharfe, helle und in die Breite gezogene Linie.

Benutzte *Wheatstone* eine Verstärkungsflasche, deren Schlagweite 5—6 mm betrug und brachte die kugelförmigen Enden des Schliessungsbogens 2 mm von einander, so beobachtete er, dass der elektrische Funke dieser Verstärkungsflasche bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 800 Umdrehungen pro Sekunde nicht mehr als Punkt, sondern, wie vorhin erwähnt, als Lichtlinie erschien, die im Winkelmass circa $^1/_2$ ° lang war. Nach der in voriger Antwort entwickelten Formel für die Leuchtdauer eines leuchtenden Punktes berechnete hiernach *Wheatstone*, dass die Leuchtdauer des elektrischen Funkens jener Verstärkungsflasche =

$$\frac{\frac{1}{2}}{2 \cdot 800 \cdot 360} = \frac{1}{4 \cdot 800 \cdot 360} = \frac{1}{1152000}$$

Sekunden betrug.

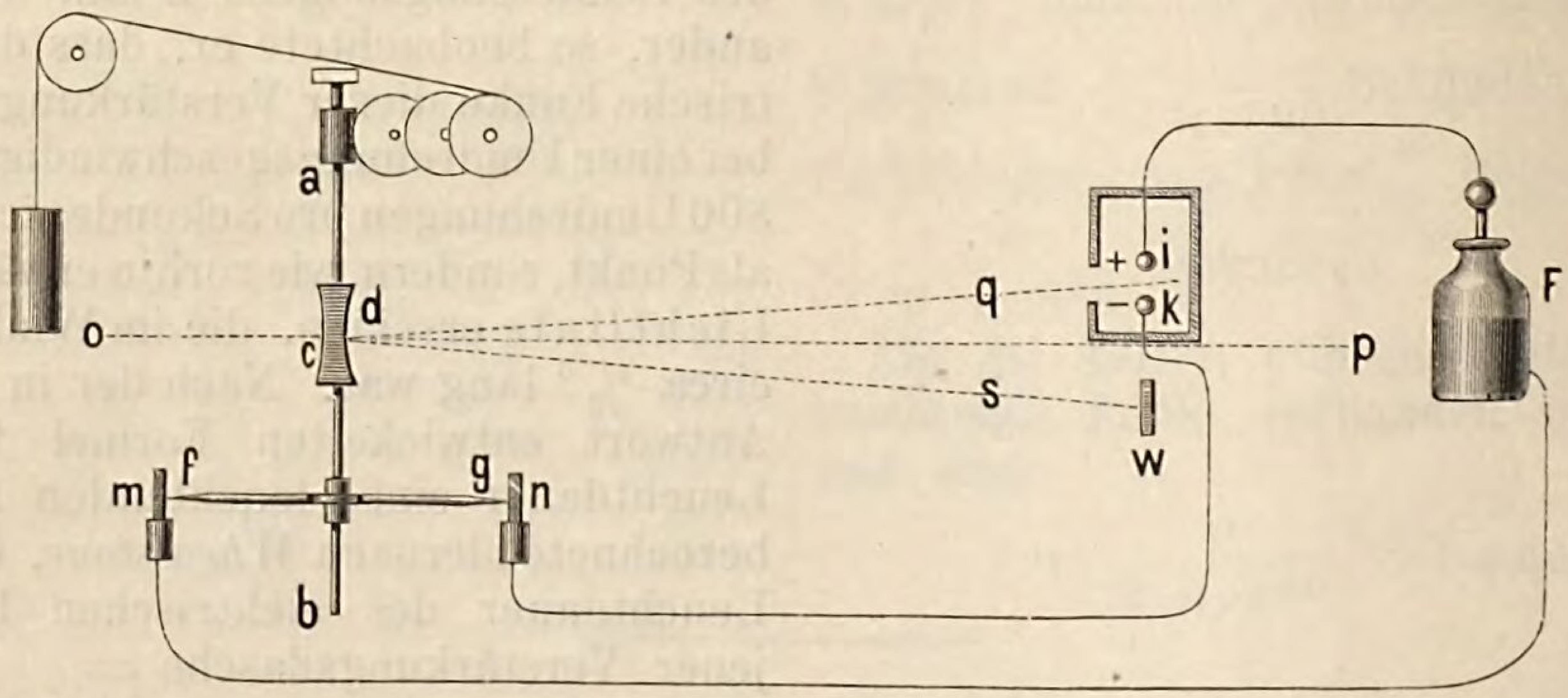
Frage 268. In welcher Weise verfuhr *Feddersen*, um mittels des rotierenden Spiegels die Dauer der Entladung einer elektrischen Batterie zu bestimmen?

Antwort. Um die Dauer der Entladung einer elektrischen Batterie mittels des rotierenden Spiegels zu bestimmen, verfuhr *Feddersen* auf folgende Weise:

Feddersen befestigte, wie die Figur 259 schematisch zeigt, an einer vertikalen Achse ab, die mittels eines gut gehenden Uhrwerks in gleichmässige Rotation versetzt werden konnte, die beiden Hohlspiegel c und d. Diese Hohlspiegel hatten einen Krümmungshalbmesser von circa 50 cm und waren so angebracht, dass ihre Achsen in die gerade Linie op zu liegen kamen. Am unteren Teil der Rotationsachse ab brachte *Feddersen* den horizontalen, beiderseits in 2 mm breite Schneiden endigenden Messingstab fg an. Gegenüber dem vertikalen Stab ab und in einem

Abstand, der gleich dem Krümmungshalbmesser der gleichen Hohlspiegel *c* und *d* ist, stellte er die Verstärkungsflasche *F*, deren innere Belegung mit der Kugel *i* in leitender Verbindung stand und an deren äusseren Belegung ein kupferner Zuleitungsdraht angebracht war, der in der isolierten vertikalen Spitze *m* endigte. Gegenüber der Kugel *i* brachte er die Kugel *k* an (siehe

Figur 259.



Erkl. 839), an welcher ein kupferner Leitungsdraht angebracht war, der in der isolierten vertikalen Spitze *n* endigte. Der Messingstab *fg* und die Spitzen *m* und *n* wurden so gestellt, dass die Schneiden des Messingstabs *fg* gerade in dem Moment an den Enden *m* und *n* jener Leitungsdrähte vorbeistreifen mussten, in welchem das Bild eines zwischen *i* und *k* überspringenden Funkens in der durch die Spiegelachse gehenden Vertikalebene zu liegen kam. Die Folge dieser Anordnung war, dass in demselben Moment, in welchem der mit den Spiegeln *c* und *d* zugleich rotierende Messingstab *fg* an den Enden *m* und *n* der Leitungsdrähte vorbeistreifte, die zur äusseren Belegung der Flasche *F* und die zur Kugel *k* führenden Leitungsdrähte verbunden wurden und eine Entladung der Flasche gleichzeitig eintrat, welche durch einen zwischen den Kugeln *i* und *k* überspringenden Funken sichtbar wurde. Nach dem durch die Figur 259 angedeuteten Stand der Entladungskugeln *i* und *k* findet jener Entladungs-

Erkl. 839. Die Kugeln *i* und *k* bei dem durch die Figur 259 dargestellten Apparat von *Feddersen* sind in Kästchen gut isoliert angebracht. Diese Kästchen sind nur mit Oeffnungen versehen, welche nach dem Spiegel hin gerichtet sind.

funke nicht in der gemeinschaftlichen Achse *op* der Hohlspiegel *d* und *c*, sondern etwas oberhalb derselben statt, infolgedessen das Bild des Entladungsfunkens, welches in der Richtung *qd* auf den Hohlspiegel *d* fällt, in der Richtung *ds* reflektiert wird. Zur allseitigen Beobachtung dieses reflektierten Bildes brachte *Feddersen* in der Richtung *ds* die mattgeschliffene Glasplatte *w* an.

Liess nun *Feddersen* den rotierenden Spiegel in Rotation versetzen, so dass die Achse *ab* ungefähr 50 Umdrehungen pro Sekunde machte, so sah er in der Glasplatte *w*, dass sich das reflektierte Spiegelbild des zwischen *i* und *k* überspringenden elektrischen Funkens als ein heller Lichtstreifen zeigte, welcher mit einem blendenden gelbweiss begann, in grünlichweiss überging und in einem kupferroten Lichtstreifen endigte. Da es nun als eine erwiesene Thatsache betrachtet werden konnte, dass der weissliche Teil eines solchen Farbenbildes von dem Funken selbst herrührt, während der rote Lichtstreifen, in welchem das Farbenbild endigt, von losgerissenen Metallteilchen herrührt, die noch nicht abgekühlt sind, so versuchte *Feddersen* aus der Länge des weisslichen, des sogen. lichtstarken Teils jenes Funkenbildes die Dauer der elektrischen Entladung zu bestimmen. *Feddersen* bestimmte unter anderm die Länge dieses weisslichen Teils des Funkenbildes für eine Verstärkungsflasche von 0,22 qm Oberfläche, bei $4\frac{1}{2}$ mm Schlagweite zwischen den Kugeln *i* und *k* und bei 52 Umdrehungen der Achse *ab* pro Sekunde, und fand hierfür im Mittel eine Länge von $29\frac{1}{2}$ mm (siehe Erkl. 840), woraus er eine Funkendauer von 0,00009 Sekunden erhielt.

Erkl. 840. Die Breite des weisslichen Lichtstreifens, bezw. die Breite des lichtstarken Teils des in der Glasplatte *w* erscheinenden Funkenbildes wurde mittels eines Massstabs auf der Glasplatte *w* direkt gemessen, oder es wurden Papierstreifen von bekannter Breite auf die Glasplatte *w* geklebt und mit diesen die Breite jenes lichtstarken Teils verglichen, oder es wurde an der Stelle der Glasplatte *w* eine präparierte sehr empfindliche photographische Platte angebracht, hierdurch das Bild des Funkens selbst photographiert und dann die Länge desselben direkt gemessen (siehe Erkl. 845).

Erkl. 841. Je nach der Zahl der Flaschen und je nach der Grösse der Schlagweite erhielt *Feddersen*, nach dem in nebenstehender Antwort angegebenen Verfahren, für die Dauer des weisslichen Lichts, bezw. für die Dauer der elektrischen Funken oder für die Dauer der diesbezüglichen Entladungen, wenn der Schliessungsbogen nur von kurzen Metalldrähten mit sehr kleinem Widerstand gebildet wurde, folgende Werte:

Für 1 Verstärkungsflasche bei einer Schlagweite von	1,5	mm erhielt *Feddersen* für die Dauer des elektrischen Funkens	0,00004	Sekunden
„ 1 „ „	3,75	„ „ „ „ „ „ „ „ „	0,00007	„
„ 1 „ „	6,75	„ „ „ „ „ „ „ „ „	0,00010	„
„ 1 „ „	10	„ „ „ „ „ „ „ „ „	0,00015	„
„ 2 Verstärk.flaschen „	1,5	„ „ „ „ „ „ „ „ „	0,0006	„
„ 2 „ „	3,75	„ „ „ „ „ „ „ „ „	0,0014	„

Erkl. 842. Je nach der Grösse des Widerstands im Schliessungsbogen erhielt *Feddersen*

nach dem in nebenstehender Antwort angegebenen Verfahren folgende Resultate:

Bei Einschaltung einer mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Glasröhre von 1 mm Dicke und 41 mm Länge und bei Benutzung von 2 Verstärkungsflaschen fand er eine Funken-, Entladungs- oder Widerstandsdauer von 0,00002 Sek.,

bei einer solchen von 1 mm Dicke u. 71 mm Länge u. Benutzung von 2 Verstärk.-Fl. 0,000035 „

„ „ „ „ 1 „ „ „ 25 „ „ „ „ „ 6 „ „ 0,00003 „

„ „ „ „ 1 „ „ „ 48 „ „ „ „ „ 6 „ „ 0,00006 „

„ „ „ „ 1 „ „ „ 71 „ „ „ „ „ 6 „ „ 0,00008 „

„ „ „ „ 1 „ „ „ 18 „ „ „ „ „ 8 „ „ 0,00004 „

„ „ „ „ 1 „ „ „ 14 „ „ „ „ „ 16 „ „ 0,00006 „

„ „ „ „ 1 „ „ „ 25 „ „ „ „ „ 16 „ „ 0,00010 „

Erkl. 843. Aus den in der Erkl. 842 angeführten Resultaten *Feddersens* ergibt sich, dass wenn in den Schliessungsbogen, ohne merkliche Verlängerung der Leitung selbst, kurze Strecken schlecht leitender Substanzen, wie jene mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Glasröhre (siehe Erkl. 842) eingeschaltet werden, wenn also der Widerstand der Leitung vermehrt wird, die Länge des weisslichen Farbenbildes, bezw. die Entladungsdauer mit der Grösse jenes Widerstands zunimmt.

Erkl. 844. Die Versuche von *Feddersen* ergaben im allgemeinen folgende Resultate:

1). Die Dauer des elektrischen Funkens, bezw. die Dauer der Entladung einer Batterie, ist um so grösser, je grösser die Schlagweite ist (siehe Erkl. 842).

2). Die Dauer des elektrischen Funkens, bezw. die Dauer der Entladung einer Batterie, ist um so grösser, je grösser die Oberfläche der Batterie ist (siehe Erkl. 842).

3). Die Dauer des elektrischen Funkens, bezw. die Dauer der Entladung einer Batterie, ist um so grösser, je grösser der Widerstand im Schliessungsbogens ist (siehe Erkl. 842).

Erkl. 845. *Feddersen* machte bei der Beobachtung des Lichtstreifens auf der Glasplatte *w*, siehe Figur 259, die Entdeckung, dass in den Fällen, in welchen der Schliessungsbogen durch Einschalten gut oder schlecht leitender Substanzen verlängert wurde, die Lichtstreifen verlängert wurden und es schien ihm, als ob diese Lichtstreifen durch eine Reihe aufeinanderfolgender Lichtstreifen gebildet würden, welche durch dunkle Streifen getrennt sind.

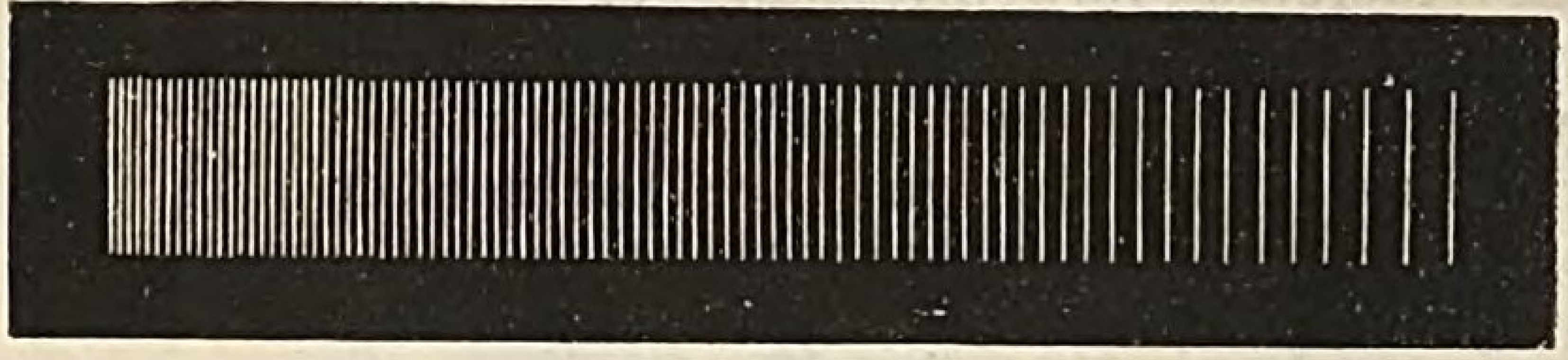
Zur weiteren Untersuchung dieser Thatsache ersetzte *Feddersen* die Glasplatte *w* durch eine präparierte sehr empfindliche photographische Platte und photographierte auf diese Weise das reflektierte Spiegelbild des Entladungsfunkens.

Benutzte *Feddersen* einen kurzen und gut leitenden Schliessungsbogen und liess den Funken zwischen zwei Kupferkugeln überspringen, so erhielt er ungefähr das durch die Figur 261 dargestellte photographische Bild; benutzte *Feddersen* einen langen, gut leitenden Schliessungsbogen, und liess er einen Funken zwischen Zinkkugeln überspringen, so erhielt er ungefähr

das durch die Figur 260 dargestellte photographische Bild.

Aus dem durch die Figur 260 dargestellten Bild, welches aus einer Reihe von hellen parallelen Linien besteht, die stets weiter auseinandergehen, schloss *Feddersen*, dass jeder dieser hellen Linien, bezw. dieser alternierenden Lichtintensitäten ein besonderer überspringender Funke entspricht, dass also in diesem Falle die Entladung einer Batterie oder Verstärkungsflasche aus einer Reihe von Partialentladungen besteht. *Feddersen* begründete dies weiter damit, dass die Schlagweite einer Batterie von der Dichtigkeit der Elektricität an der Entladungsstelle abhängt, und dass also zuerst eine Entladung des Schliessungsbogens eintritt, wonach ein luftverdünnter Raum an der Entladungsstelle entsteht, dass dann die Elektricität nachströmt, bis die Dichtigkeit an der Entladungsstelle eine solche geworden ist, dass in jenem luftverdünnten Raum eine abermalige Entladung in derselben Schlagweite erfolgen kann, u. s. f., bis schliesslich die Dichtigkeit der Elektricität an der Entladungsstelle nicht mehr die Stärke erreicht, dass eine Entladung stattfinden kann.

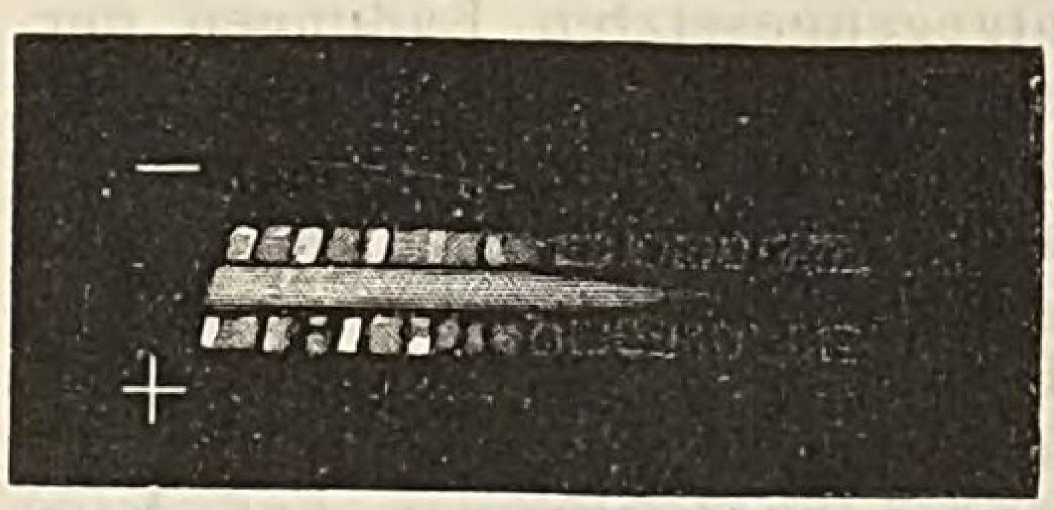
Figur 260.



Figur 261.



Figur 262.



Solche Entladungen nannte *Feddersen* intermittierende Entladungen.

Erkl. 846. Mittels der in vorstehender Antwort und der in den Erkl. 841—845 angeführten Experimente hatte *Feddersen* weiter dargethan, dass die Zahl der Partialentladungen, bezw. dass die Dauer der Entladung einer und derselben Batterie bei gleichem Schliessungsbogen mit der Schlagweite langsam zunimmt, woraus *Feddersen* schloss und durch das Experiment auch dargethan hat, dass der Rückstand, das sog. elektrische Residuum, in einer Batterie um so kleiner wird, je grösser die Schlagweite ist, und dass mit der Dichtigkeit der Elektricität in einer Batterie die Zahl der Partialentladungen (siehe Erkl. 845) zunimmt.

Erkl. 847. Die Beobachtungen *Feddersens* in bezug auf die Grösse des elektrischen Rückstands ergaben ferner, dass bei Verminderung des Widerstands im Schliessungsbogen, von einem gewissen Widerstand ab, welchen *Feddersen* den Grenzwiderstand nennt, die Dauer der aufeinanderfolgenden Entladungen wieder zunimmt und zwar um so mehr, je kleiner der Widerstand im Schliessungsbogen wird. Dies erklärt

sich nach *Feddersen* dadurch, dass durch den Schliessungsbogen die Hälfte der $+E$ von der inneren zur äusseren und die Hälfte der $-E$ von der äusseren zur inneren Belegung fliesst, dass sich dann nach erfolgter Entladung, bei kleinem Widerstand im Schliessungsbogen, beide Elektricitäten infolge des Beharrungsvermögens noch weiter bewegen, und dass hierdurch die Batterie aufs neue, aber in entgegengesetzter Weise als vorher geladen wird. Ist diese neue und umgekehrte Ladung soweit vollendet, dass jede der auf den Belegungen angesammelten Elektricität der entgegengesetzten Elektricität ihrem Weiterströmen infolge ihrer abstossenden Kraft ein Hindernis entgegensetzt, so erfolgt ein allmähliches Zurückströmen beider Elektricitäten in den Schliessungsbogen, und wenn die Dichtigkeit in demselben gross genug ist, eine weitere Entladung. Diese Entladungen wiederholen sich so lang, bis durch den Widerstand der Leitung die Bewegung der Elektricität vollständig aufgehoben ist. *Feddersen* nannte diese sich wiederholenden Entladungen, die nach den stets abwechselnden entgegengesetzten Ladungen der Batterie erfolgen, oscillierende Entladungen.

Mittels solcher, durch die Figuren 261 und 262 dargestellten photographischen Bilder suchte *Feddersen* die Dauer jeder einzelnen oscillierenden Entladung, Oscillation genannt, sowie die Abhängigkeit derselben von den besonderen Umständen zu bestimmen und kam hierbei zu folgenden Resultaten:

1). Die Oscillationsdauer ist unter sonst ganz gleichen Umständen unabhängig von der in einer Batterie angesammelten Elektricitätsmenge.

2). Die Dauer der Oscillation ist bei derselben Leitung der Quadratwurzel aus der Flaschenzahl, aus welcher die Batterie besteht, proportional.

3). Die Dauer der Oscillation vergrössert sich bei verschiedem langen Schliessungsbogen mit der Länge desselben. Ein Gesetz, nach welchem diese Vergrösserung stattfindet, konnte nicht aufgestellt werden.

4). Die Dauer der Oscillation ist abhängig von der Art und Weise, in welcher die Leitungsdrähte zu einander liegen (siehe Kleyers Lehrbuch der Induktionselektricität).

Ausführliches über die Versuche *Feddersens* findet man in Poggend. Annal. Bd. 53, 63 und 66 und in späteren Kapiteln von Kleyers Lehrbüchern über die Elektricität.

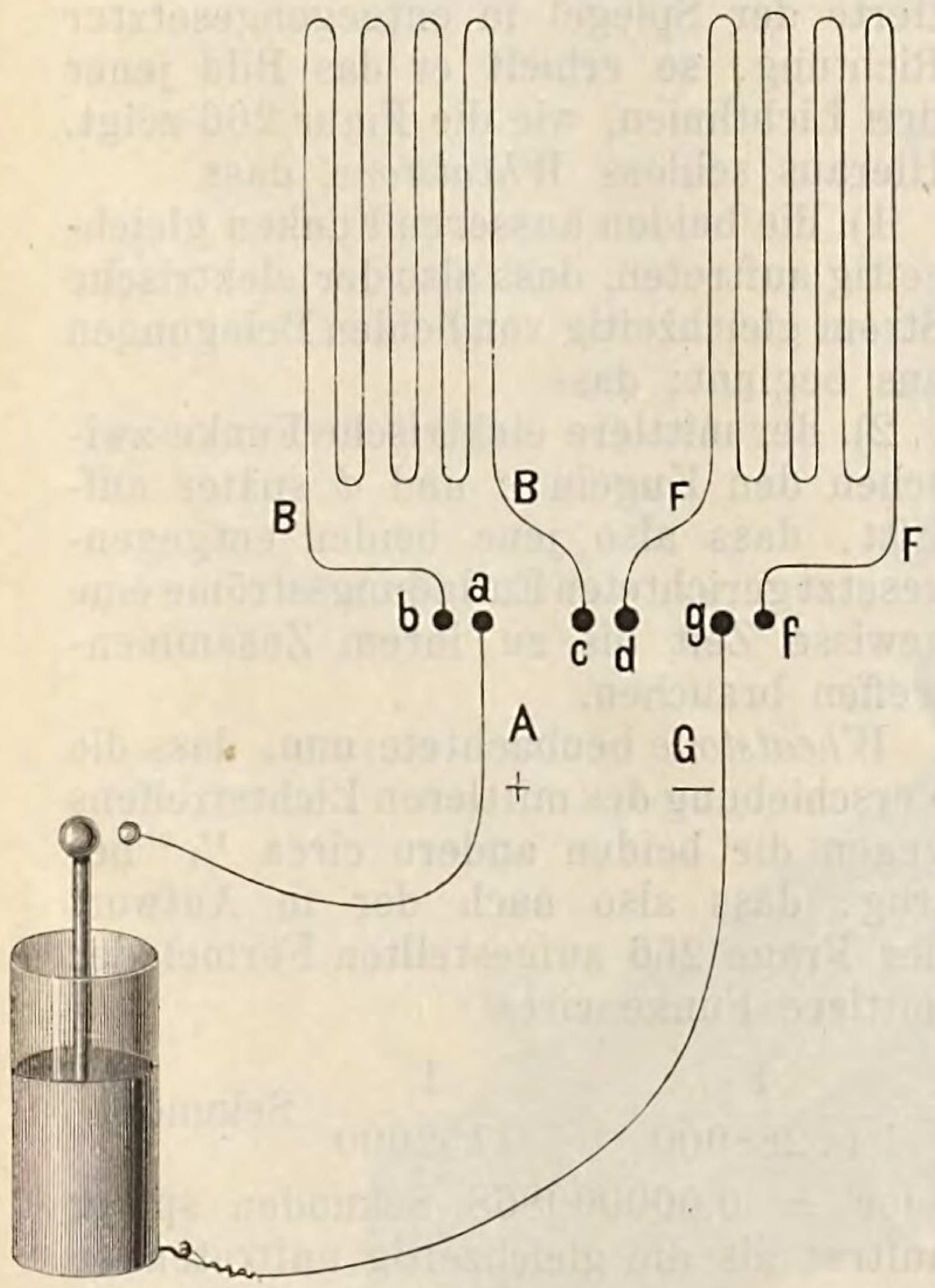
Erkl. 848. *Helmholtz*, *Thomson*, *Kirchhoff* haben die in der Erkl. 847 angeführten Beobachtungen *Feddersens* und dessen Theorie, nach welcher entgegengesetzte Ladungen, bezw. nach welcher ein abwechselndes Hin- und Herströmen der Elektricitäten im Schliessungsbogen stattfindet, bestätigt. *Paalzow* hat mittels der Geisslerschen Röhren jene Beobachtungen und jene Theorie der oscillierenden Entladungen bestätigt und gleichzeitig auch sichtbar gemacht (siehe Kleyers Lehrb. des Galvanismus).

11). Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Entladungsstroms im Schliessungsbogen.

Frage 269. In welcher Weise verfuhr *Wheatstone*, um mittels des rotierenden Spiegels die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Entladungsstroms zu messen?

Erkl. 849. Die ersten Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Entladungsstroms stellte nach den nicht belangreichen Versuchen *Winklers* (1746) und *Watsons* (1748) zuerst *Wheatstone* im Jahr 1835 an (siehe Erkl. 850).

Figur 263.

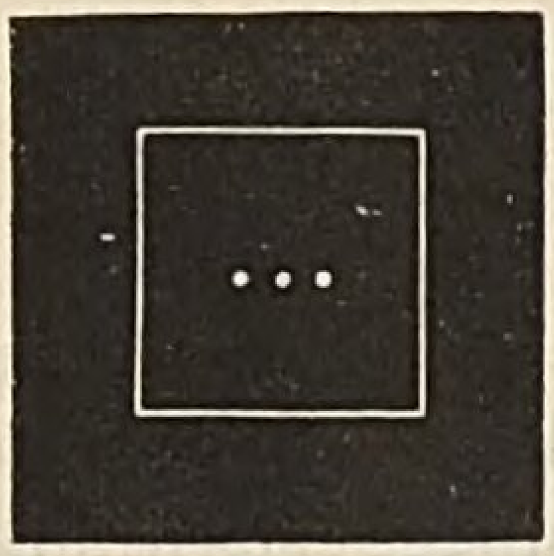


Antwort. Um mittels des rotierenden Spiegels die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Entladungsstroms zu messen, verfuhr *Wheastone*, wie die Figur 263 schematisch zeigt, im allgemeinen auf folgende Weise:

Wheatstone befestigte auf einem Brett, dessen Durchmesser circa 9 cm betrug und das den Namen Funkenbrett erhielt, in gerader Linie sechs gleiche Kugeln *a*, *b*, *c*, *d*, *f* und *g* so, wie die Figur 263 zeigt, und dass dieselben gut isoliert waren. An der Kugel *a* befestigte er den Leitungsdraht *A*, der zur inneren Belegung einer Verstärkungsflasche führte, die mit $+E$ geladen war. Von der Kugel *b*, welche 2,5 mm von der Kugel *a* entfernt angebracht war, führte er den Leitungsdraht *B*, dessen Länge $^1/_4$ einer englischen Meile betrug, in vielfachen Windungen, wie in der Figur 263 schematisch angedeutet ist, nach der Kugel *c*. Von der Kugel *d*, welche von der Kugel *c* ebenfalls in einem Abstand von 2,5 mm angebracht war, führte er den Leitungsdraht *F*, welcher wie der Leitungsdraht *B* ebenfalls eine Länge von $^1/_4$ englische Meile hatte, in vielfachen Windungen zur Kugel *f*. Von der Kugel *g* endlich, die ebenfalls 2,5 mm von der Kugel *f* entfernt angebracht war, führte er den Leitungsdraht *G* zur äusseren Belegung der Verstärkungsflasche. Brachte nun *Wheatstone* den Leitungsdraht *G* in Wirklichkeit mit der äusseren Belegung der Verstärkungsflasche in Verbindung und näherte er den Leitungsdraht *A* der inneren Belegung der Flasche, so musste er drei elektrische Funken sehen, der erste sprang von der Kugel *a* zur Kugel *b*, der zweite von der Kugel *c* zur Kugel *d* und der dritte von der Kugel *f* zur Kugel *g*.

Zur Untersuchung, in welchen Zwischenräumen diese drei Funken auftraten, bezw. zur Messung der Zeit, welche

Figur 264.



Figur 265.



Figur 266.



Erkl. 850. Weitere Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität wurden unter anderm von *Fizeau* und *Gounelle*, von *Walker*, *Mitchell*, *Gould*, *Werner Siemens* u. a. angestellt.

Nach den neuesten Versuchen von *Siemens* ergab sich für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Eisendraht 31 000 geogr. Meilen oder circa 240 000 km pro Sekunde. Nach diesen Versuchen von *Siemens* würde also in einem Eisendraht der elektrische Strom die Erde in einer Sekunde circa 6 mal umkreisen.

Zu erwähnen sind noch die theoretischen Berechnungen von *Kirchhoff*. Nach diesen Berechnungen würde der Entladungsstrom in einem widerstandslosen Leiter 41 000 geogr. Meilen pro Sekunde zurücklegen.

Siehe die späteren Theile über Elektricität.

der positive Entladungsstrom braucht, um von *a* über die $^1/_2$ englische Meile langen Drähte nach *g* zu gelangen, stellte nun *Wheatstone* in einer Entfernung von 3 m von diesem Funkenbrett, in gleicher Höhe mit demselben, einen rotierenden Spiegel auf, wie er solchen bei Bestimmung der Dauer eines elektrischen Funkens benutzte. Stand der Spiegel ruhig, so sah er die drei Funken in dem Spiegel als drei Lichtpunkte, wie die Figur 264 zeigt. Liess er jedoch dem Spiegel, wie durch den Pfeil in der Figur 258 angedeutet ist, eine Rotation von 800 Umdrehungen pro Sekunde geben, so zeigten sich in demselben anstatt jener drei in horizontaler Linie liegenden Lichtpunkte, wie die Figur 265 zeigt, drei helle Lichtlinien, von denen die mittelste gegen die beiden äusseren nach unten verlängert, nach oben verkürzt war. Rotierte der Spiegel in entgegengesetzter Richtung, so erhielt er das Bild jener drei Lichtlinien, wie die Figur 266 zeigt. Hieraus schloss *Wheatstone*, dass

1). die beiden äusseren Funken gleichzeitig auftreten, dass also der elektrische Strom gleichzeitig von beiden Belegungen aus beginnt; dass

2). der mittlere elektrische Funke zwischen den Kugeln *c* und *d* später auftritt, dass also jene beiden entgegengesetzt gerichteten Entladungsströme eine gewisse Zeit bis zu ihrem Zusammentreffen brauchen.

Wheatstone beobachtete nun, dass die Verschiebung des mittleren Lichtstreifens gegen die beiden andern circa $^1/_2{}^0$ betrug, dass also nach der in Antwort der Frage 266 aufgestellten Formel der mittlere Funke circa

$$\frac{\frac{1}{2}}{2.800.360} = \frac{1}{4.288000} = \frac{1}{1152000} \text{ Sekunden}$$

oder $= 0{,}000000868$ Sekunden später auftrat als die gleichzeitig auftretenden äusseren Funken, dass also jeder der Entladungsströme zur Zurücklegung von

$^1/_4$ einer englischen Meile $= \frac{1}{1152000}$

oder 0,000000868 Sekunden braucht, dass somit der elektrische Entladungsstrom

in 1 Sekunde einen Weg von $\frac{1152000}{4}$ oder von 288000 englischen Meilen oder einen Weg von 463392 Kilometer oder von 62452 deutschen Meilen zurücklegt.

Obgleich diese Messungen *Wheatstones* keinen Anspruch auf Genauigkeit machen können (siehe Erkl. 851), so ist doch daraus ersichtlich, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität ähnlich der des Lichts eine sehr grosse und für jeden besonderen Leiter messbare ist.

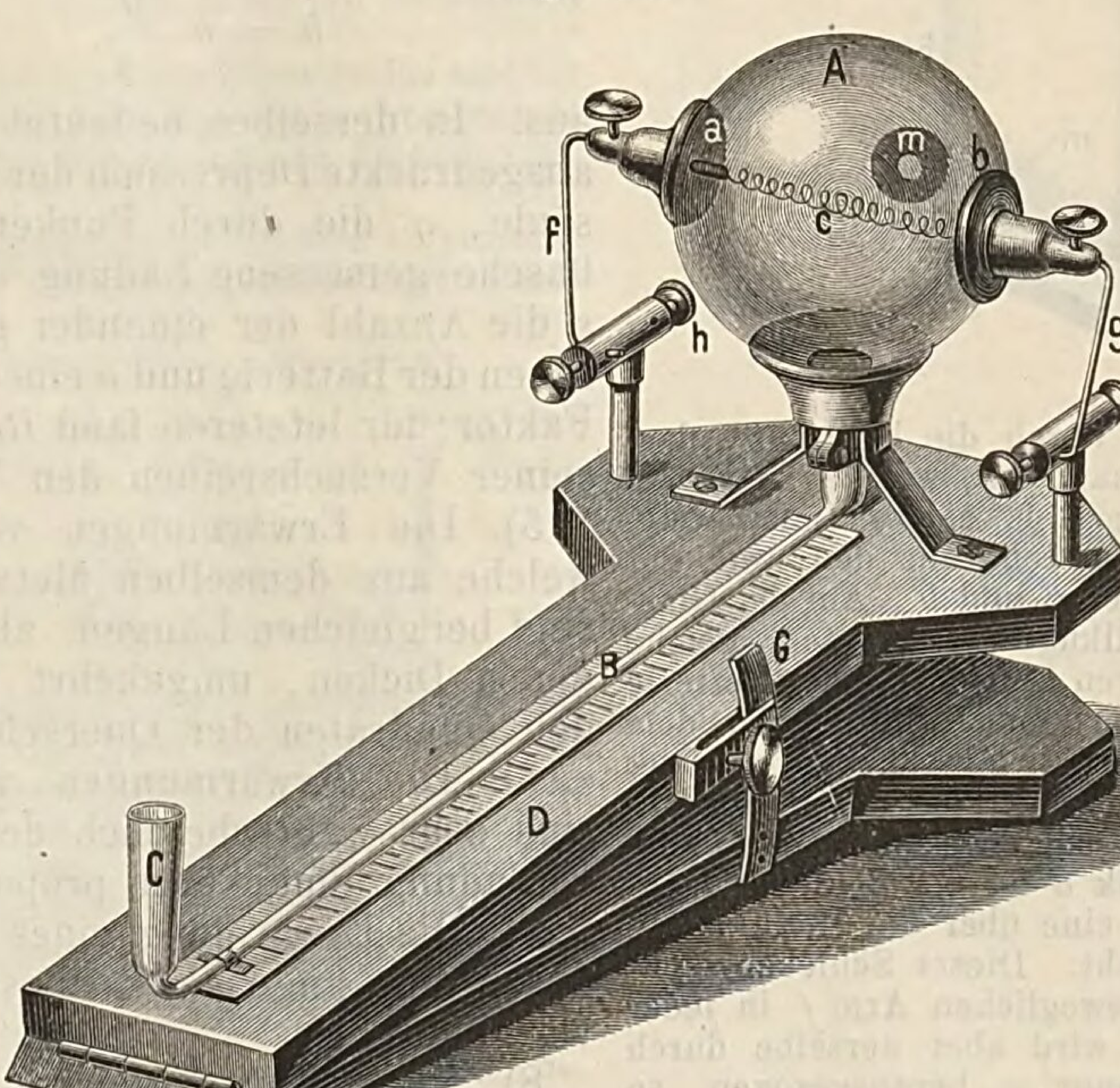
Erkl. 851. Dass die in nebenstehender Antwort erwähnten Messungen von *Wheatstone* keinen Anspruch auf Genauigkeit haben können, ergibt sich schon daraus, dass die Geschwindigkeit des Lichts circa 42505 geogr. Meilen pro Sekunde beträgt, dass also nach *Wheatstones* Messungen die Geschwindigkeit der Elektricität $1^1/_2$ mal grösser als die des Lichts wäre, was wohl nicht angenommen werden kann, indem doch die Elektricität den Widerstand der Leitung zu überwinden hat.

12). Ueber die Messung der durch elektrische Entladungen erregten Wärme.

Frage 270. Welche Gesetze stellte *Riess* in bezug auf die durch elektrische Entladungen erregte Wärme auf?

Antwort. Mittels des bereits in Antwort der Frage 244 und in der Erkl. 588 beschriebenen und durch die Figur 267 dargestellten Luftthermometers stellte *Riess* eine Reihe von sorgfältigen Versuchen an und kam hierbei zu folgenden Resultaten:

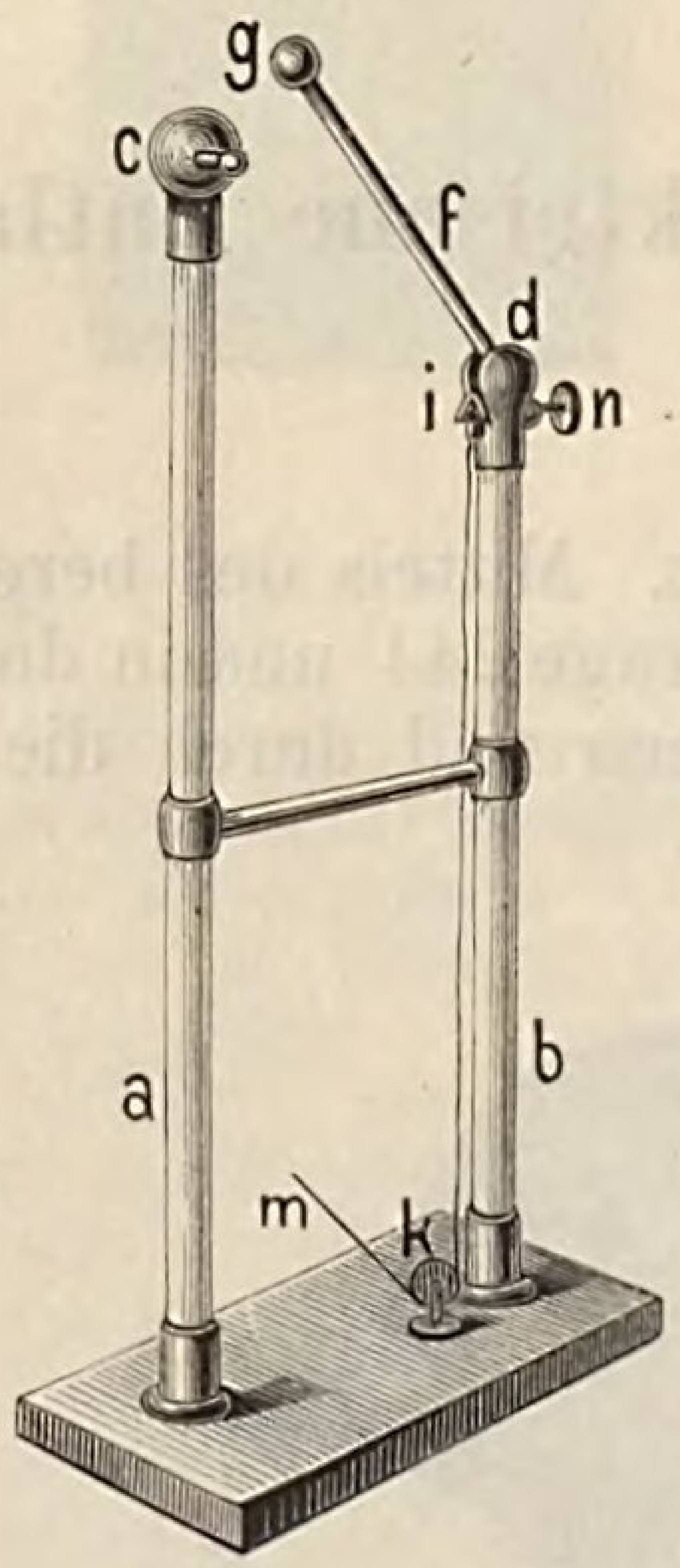
Figur 267.



Erkl. 852. Bei den Versuchen, welche *Riess* mit seinem durch die Figur 267 dargestellten Luftthermometer vornahm, ordnete er den Schliessungsbogen wie folgt an:
Riess verband mittels Leitungsdrähten die

innere Belegung einer Batterie mit dem durch die Figur 268 dargestellten Entladungsapparat (siehe Erkl. 853), diesen verband er leitend mit dem durch die Figur 97 dargestellten allgemeinen Auslader, und einen an dem letzteren angebrachten Leitungsdraht befestigte er schliesslich in einer der Klemmschrauben des durch die Figur 267 dargestellten Luftthermometers. Einen an der äusseren Belegung der Batterie angebrachten Leitungsdraht, welchen er ziemlich gross wählte, um eine Massflasche einschalten zu können, befestigte er an der andern der Klemmschrauben des Luftthermometers.

Figur 268.



Erkl. 853. Der durch die Figur 268 dargestellte Entladungsapparat, welchen *Riess* bei seinen Versuchen mittels seines Luftthermometers anwandte, besteht aus den zwei gut isolirenden Glassäulen *a* und *b*. Auf der Glassäule *a* ist die Metallkugel *c* angebracht, welche *Riess* mit der inneren Belegung einer Batterie leitend und fest verbunden hatte. An dem oberen Ende der Glassäule *b* ist das Kugelgelenk *d* angebracht, in welchem sich der in der Kugel *g* endigende Messingstab *f* bewegen kann. An dem Kugelgelenk *d* ist der Schieber *i* angebracht, an dem eine über die Rolle *k* laufende Schnur *m* geht. Dieser Schieber *i* hat den Zweck, den beweglichen Arm *f* in jeder Lage festzuhalten; wird aber derselbe durch Ziehen an der Schnur *m* herausgezogen, so fällt der Stab *f* nieder und die Kugeln *g* und *c* stehen in Berührung und es kann, wenn in die Klemmschraube *n* ein Zuleitungsdraht befestigt wird, der zur äusseren Belegung der Batterie führt, dieselbe durch jene Annäherung der Kugeln *g* und *c* entladen werden (siehe auch die Figur 98 und die Erkl. 422).

1). Die Temperaturerhöhung der Luft in der Kugel *A* ist der Depression (siehe Erkl. 856) der Flüssigkeit in der Röhre *B* proportional und zwar um so genauer, je grösser der Kubikinhalt der Kugel *A* im Verhältnis zum Querschnitt der Röhre *B* ist.

2). Die Entladung einer mit derselben Elektricitätsmenge geladenen Batterie bringt in einem ganz metallischen, sog. kontinuierlichen Schliessungsbogen stets dieselbe Wärmemenge hervor.

3). Die Erwärmungen eines Platindrahts (bezw. die Depressionen im Luftthermometer) sind bei stets gleichen sich entladenden Elektricitätsmengen verschiedener Batterien umgekehrt proportional den Flächen der Belegungen der Batterien.

4). Die Erwärmungen eines Platindrahts sind, bei gleicher Fläche der Belegungen, proportional dem Quadrat der entladenen Elektricitätsmengen.

Dieses Gesetz drückt *Riess* durch die Gleichung:

$$h = n \cdot \frac{q^2}{s}$$

aus. In derselben bedeutet h die in mm ausgedrückte Depression der Flüssigkeitssäule, q die durch Funken der Massflasche gemessene Ladung der Batterie, s die Anzahl der einander gleichen Flaschen der Batterie und n einen konstanten Faktor; für letzteren fand *Riess* bei einer seiner Versuchsreihen den Wert 0,88.

5). Die Erwärmungen von Drähten, welche aus demselben Metall bestehen, sind bei gleichen Längen, aber verschiedenen Dicken, umgekehrt proportional den Quadraten der Querschnitte.

6). Die Erwärmungen von Drähten sind sehr wahrscheinlich der Dauer der Entladung umgekehrt proportional.

7). Die Erwärmung eines Drahts wird durch die Länge des Schliessungsbogens vermindert.

8). Unter sonst gleichen Umständen ändert sich die Temperaturerhöhung mit der Natur des Drahts.

Erkl. 854. Ausführliches über die Untersuchungen von *Riess* in betreff der Erwärmungen durch den elektrischen Entladungsschlag findet man in Poggend. Annalen Bd. 43 und in dem Lehrbuch der Reibungselektricität von Riess.

Erkl. 855. Das in nebenstehender Antwort unter 5). erwähnte Gesetz wurde aus den Versuchen von *Riess* zuerst durch *Vorsselmann de Heer* abgeleitet.

Erkl. 856. Unter der Depression versteht man bei dem Riessschen Luftthermometer, siehe Figur 267, die Grösse des Wasserfadens, um welche die in der Glasröhre B befindliche Flüssigkeit sinkt, sobald die Luft in der Glasglocke A durch die Erwärmung eines Entladungsschlags oder durch die Erwärmung des darin befindlichen Drahts, durch welchen ein elektrischer Entladungsstrom geht, expandiert (ausgedehnt) und hierdurch die Flüssigkeit in der Glasröhre herabgedrückt wird. Diese Depression benutzte *Riess* als Mass jener Erwärmung.

Erkl. 857. Zum Nachweis des in vorstehender Antwort unter 3). erwähnten Gesetzes:

„Die Erwärmungen eines Platindrahts sind bei stets gleichen sich entladenden Elektricitätsmengen verschiedener Batterien umgekehrt proportional den Flächen der Belegungen der Batterien“

und zum Nachweis des unter 4). erwähnten Gesetzes:

„Die Erwärmungen eines Platindrahts sind bei gleicher Fläche der Belegungen proportional den Quadraten der entladenen Elektricitätsmengen“

hatte *Riess* mehrere Versuchsreihen aufgestellt; eine derselben ist in folgendem schematisch dargestellt:

s	2	4	6
q	h	h	h
2	3,0	—	—
4	13,4	6,4	5,2
6	26,8	14,6	10,0
8	—	28,2	18,6

In dieser schematischen Darstellung einer Versuchsreihe von *Riess* bedeuten die in der obersten Horizontalreihe stehenden Werte für s die Anzahlen der gleichen Flaschen der Batterie, ferner bedeuten die in der ersten Vertikalkolonne stehenden Werte für q die Elektricitätsmengen, welche bei den einzelnen Versuchen zur Entladung kamen und bezw. durch die Zahl der Selbstentladungen einer Massflasche gemessen wurden (siehe Erkl. 852), und schliesslich bedeuten die in den drei folgenden Vertikalkolonnen stehenden Werte für h die an dem Thermometer beobachteten und in mm ausgedrückten Depressionen, welche bezw. den horizontal daneben stehenden Elektricitätsmengen und den vertikal darüber stehenden Flaschenzahlen entsprechen.

Aufgabensammlung

aus der

Reibungselektriciät.

a). Gelöste Aufgaben.

Aufgabe 1. Wenn man als Einheit der Elektricitätsmenge diejenige Menge annimmt, welche auf eine ihr gleichen Menge aus der Entfernung Eins die Kraft Eins ausübt, wie gross ist dann die Elektricitätsmenge x, welche auf die Menge von 6 aus der Entfernung 2 jener Einheiten durch Anziehung oder Abstossung die Kraft 12 ausübt?

Auflösung. Nach den in Antw. der Frage 238 aufgestellten Gesetzen verhalten sich die abstossenden Kräfte aufeinanderwirkender gleichnamiger Elektricitätsmengen direkt wie die Produkte aus diesen Elektricitätsmengen und umgekehrt wie die Quadrate ihrer Entfernungen. Wirken hiernach aus der Entfernung 1 einmal die Elektricitätsmengen aufeinander, deren abstossenden Kraft $= 1$ ist, und wirken aus dieser Entfernung 1 ein andermal die in jene Einheit ausgedrückten Elektricitätsmengen x und 6 aufeinander und setzt man die Grösse der abstossenden Kraft der letzteren $= f$ jener Krafteinheiten, so besteht die Proportion:

1). . . . $1 : f = 1 . 1 : x . 6$

Wirken ferner einmal aus der Entfernung 1 die Elektricitätsmengen x und 6 aufeinander und bringen dieselben, wie vorhin erwähnt, die Kraft f hervor, und wirken ein andermal aus der Entfernung 2 die Elektricitätsmengen x und 6 aufeinander und bringen dieselben, gemäss der Aufgabe, die Kraft 12 hervor, so besteht nach vorstehendem die weitere Proportion:

2). . . . $f : 12 = 2^2 : 1^2$

Aus den Gleichungen 1). und 2). erhält man durch Multiplikation:

$$\frac{1}{12} = \frac{2^2}{6x}$$

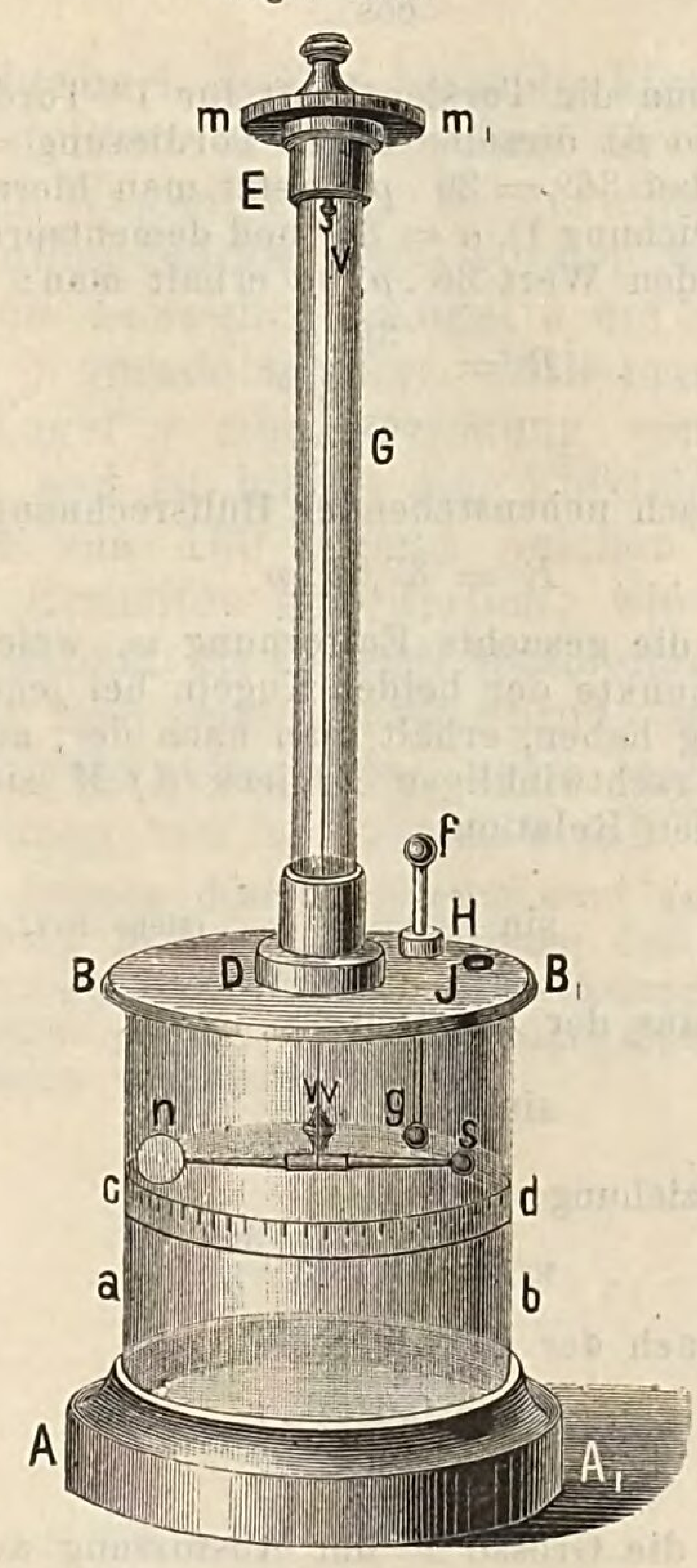
Diese Gleichung nach x aufgelöst, gibt:

$$6x = 2^2 . 12;\ x = 2^2 . 2$$
$$x = 8$$

d. h.: Die Elektricitätsmenge von 8 der in der Aufgabe erwähnten a b s o l u t e n Einheiten (siehe Erkl. 782) bringt auf eine Elektricitätsmenge 6 dieser Einheiten eine anziehende oder abstossende Wirkung hervor, die $= 12$ absoluten Krafteinheiten ist (siehe Erkl. 781).

Aufgabe 2. In der durch die Figur 269 dargestellten Coulombschen Drehwage wurde der Wagbalken *ns* so gestellt, dass der Aufhängedraht ohne Torsion war und dass das bewegliche Kügelchen *s* die Standkugel *g* gerade berührte. Dann wurde der Standkugel *g* eine solche Elektricitätsmenge mitgeteilt, dass eine Abstossung des beweglichen Kügelchens *s* von 25° erfolgte. Hierauf wurde durch Drehung des Knopfs *y* der Faden um 146° so tordiert, dass die Ablenkung des Wagbalkens von seiner ursprünglichen Lage nur noch 10° betrug. Welche Beziehung findet hiernach zwischen den Entfernungen und den Intensitäten der Abstossungen des elektrisierten Kügelchens statt?

Figur 269.



Auflösung. Bei der Entfernung der beiden Kugeln von 25 Bogengraden, bezw. nach der ersten Abstossung des Wagbalkens um 25° war der Aufhängedraht um 25° tordiert und es hielt somit der elektrischen Abstossung eine Torsion des Fadens von 25° das Gleichgewicht. Bei der Entfernung der beiden Kugeln um 10 Bogengrade war der Aufhängedraht um 146° + 10° oder um 156° tordiert und diese Torsion des Aufhängedrahts hielt der elektrischen Abstossung in jener Entfernung von 10 Bogengraden das Gleichgewicht. Da nun die der elektrischen Abstossung entgegenwirkende Torsionskraft eines und desselben Aufhängedrahts proportional der Torsion des Aufhängedrahts ist, so kann man für das Verhältnis der Kräfte, welche den elektrischen Abstossungen das Gleichgewicht halten, 25 : 156 oder annähernd:

a). . . . $5^2 : 12{,}5^2$

setzen, und dieses ist gleich dem Verhältnis der elektrischen Abstossungen der Kügelchen *s* und *g* aus den Entfernungen von 25 und 10 Bogengraden.

Berücksichtigt man nunmehr, dass das Verhältnis dieser Entfernungen =

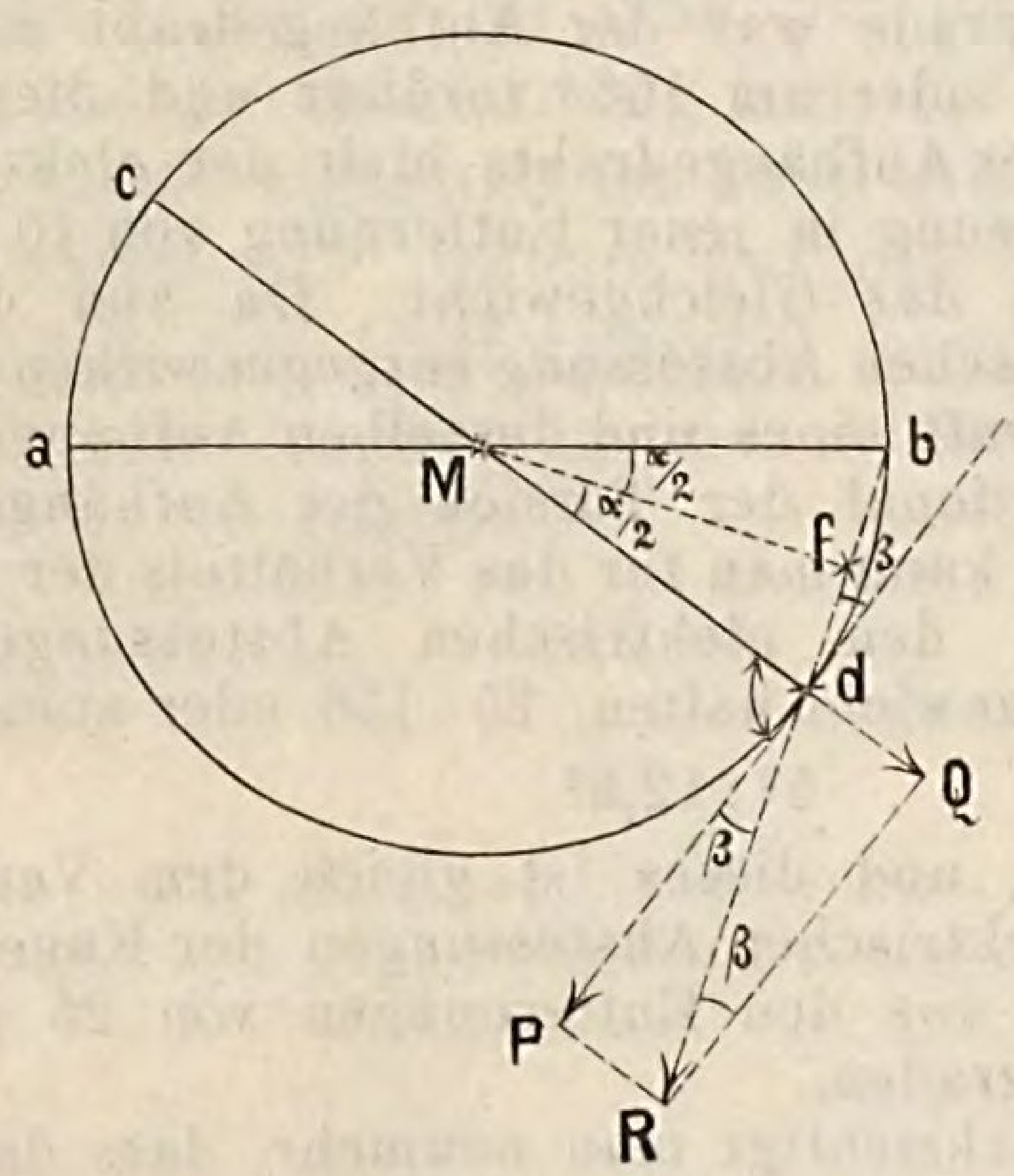
b). . . . 25 : 10 oder = 12,5 : 5

ist, so ergibt sich aus der Vergleichung der Verhältnisse unter a). und b)., dass die Intensitäten der elektrischen Abstossungen umgekehrt proportional den Quadraten der Entfernungen dieser Kräfte (jener Kugeln) sind.

Aufgabe 3. *Coulomb* stellte in seiner Drehwage, siehe Figur 269, den Wagbalken *ns* so, dass der Aufhängedraht

ohne Torsion war und dass die bewegliche Kugel s die Standkugel g gerade berührte. Dann teilte er der Standkugel g eine solche Elektricitätsmenge mit, dass eine Abstossung der beweglichen Kugel s von 36^0 erfolgte. Welches ist die Grösse der elektrischen Abstossung, welches die Entfernung der Kugelmittelpunkte und welches ist die Grösse der elektrischen Abstossung aus der Entfernungseinheit, wenn die Länge des halben Wagbalkens $= r$ und die Torsionskraft des Aufhängedrahts bei 1^0 Tordierung $= p$ gesetzt wird?

Figur 270.



Hülfsrechnung 1:

Aus nebenstehender Gleichung a). erhält man:

$$R = \frac{36}{\cos 18^0} \cdot p$$

Da nun:

$$\log \frac{36}{\cos 18^0} = \log 36 - \log \cos 18^0$$

$$\begin{aligned} & \qquad\quad +10 \qquad -10 \\ \log 36 &= \quad 1{,}5563025 - 10 \\ -\log \cos 18^0 &= +9{,}9782063 - 10 \\ & \qquad\quad - \qquad\quad + \\ \log \frac{36}{\cos 18^0} &= \quad 1{,}5780962 \\ & \qquad\quad\;\; 0888 \\ & \qquad\qquad\; 74 \end{aligned}$$

mithin:

$$\frac{36}{\cos 18^0} = 37{,}852$$

ist, so erhält man:

$$R = 37{,}85 \, . \, p$$

Auflösung. In der Figur 270 ist, nach der in Antwort der Frage 242 gemachten Entwicklung, R die Kraft, mit welcher die Intensität der Abstossung zwischen den elektrischen Punkten b und d erfolgt. Nach der in jener Antwort aufgestellten Gleichung c). hat man somit für die Grösse dieser Kraft R, wenn P die Torsionskraft des um α^0 tordierten Aufhängedrahts bezeichnet und in Rücksicht, dass in jener Gleichung c). nach der Erkl. 771 $\beta = \frac{\alpha}{2}$ ist:

1). . . . $R = \dfrac{P}{\cos \frac{\alpha}{2}}$

Ist nun die Torsionskraft für 1^0 Tordierung $= p$, so ist dieselbe bei α^0 Tordierung $= \alpha \, . \, p$, bezw. bei $36^0 = 36 \, . \, p$. Setzt man hiernach in der Gleichung 1). $\alpha = 36^0$ und dementsprechend für P den Wert $36 \, . \, p$, so erhält man:

a). . . . $R = \dfrac{36 \, . \, p}{\cos \frac{36^0}{2}}$

oder nach nebenstehender Hülfsrechnung 1:

b). . . . $R = 37{,}85 \, . \, p$

Für die gesuchte Entfernung w, welche die Mittelpunkte der beiden Kugeln bei jener Ablenkung haben, erhält man nach der, aus dem bei f rechtwinkligen Dreieck dfM sich ergebenden Relation:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\overline{df}}{\overline{Md}} \quad \text{(siehe Erkl. 770)}$$

bezw. aus der Relation:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{w}{2 \, . \, r}$$

die Beziehung:

c). . . . $w = 2r \, . \, \sin \dfrac{36^0}{2}$

oder nach der Erkl. 858:

d). . . . $w = 0{,}6180 \, . \, r$

Für die Grösse F der Abstossung aus der Entfernungseinheit erhält man, wenn man berücksichtigt, dass nach vorstehender Gleichung b). die Grösse der Abstossung aus der Entfernung von 36 Bogengraden $= 37{,}85 \, . \, p$, bezw. dass nach vorstehender Gleichung d). die Grösse der Abstossung aus der Entfernung von $0{,}6180 \, . \, r$

Erkl. 858. Nimmt man eine trigonometrische Tafel zu Hülfe (z. B. Tafel VI in Kleyers Logarithmentafeln), so erhält man aus einer solchen:

1). . . $\sin\frac{36^0}{2}$ oder $\sin 18^0 = 0{,}30902$

Hülfsrechnung 2:

Aus nebenstehender Gleichung f). erhält man:

$$F = 0{,}6180^2 . 37{,}85 . r^2 p$$

oder, da:

$$\log 0{,}618^2 . 37{,}85 = 2 . \log 0{,}618 + \log 37{,}85$$

und:

$$\begin{array}{rl} \log 0{,}618 = & 0{,}7909885 - 1 \\ & \cdot 2 \\ \hline & 1{,}5819770 - 2 \\ + \log 37{,}85 = & 1{,}5780659 \\ \hline & 1{,}1600429 - 2 \end{array}$$

oder: $\log 0{,}618^2 . 37{,}85 = 1{,}1600429$

mithin: $0{,}618^2 . 37{,}85 = 14{,}455$ ist,

$$F = 14{,}455 . r^2 p$$

Längeneinheiten $= 37{,}85 . p$ ist, nach dem in Antwort der Frage 238 aufgestellten ersten Gesetz:

f). . . $F = (0{,}6180 . r)^2 . 37{,}85 . p$

oder nach nebenstehender Hülfsrechnung 2:

g). . . $F = 14{,}455 . r^2 p$

Aufgabe 4. In der durch die Figur 269 dargestellten Coulombschen Drehwage sei der Wagbalken *ns* so gestellt, dass der Aufhängedraht ohne Torsion ist und dass die bewegliche Kugel *s* die Standkugel *g* gerade berührt. Will man nun der Kugel *s* eine Ablenkung von 15° geben und ist hierzu eine Elektricitätsmenge von 100 irgend welchen beliebigen Einheiten erforderlich, wie gross muss alsdann die Elektricitätsmenge sein, welche man jenen in Berührung stehenden Kugeln geben muss, wenn man eine Ablenkung von 12° erzielen will?

Bei Lösung dieser Aufgabe darf der Vereinfachung halber die Entfernung der beiden Kugeln nach der jedesmaligen Abstossung gleich dem Bogen gesetzt werden, es darf also Sehne und Bogen vertauscht werden.

Auflösung. Nach der Erkl. 736 erhält man für die abstossende Kraft p, wenn den gleichen Kugeln die Elektricitätsmenge von 100 Einheiten, also jeder der beiden Kugeln die Elektricitätsmenge von $\frac{100}{2}$ jener Einheiten mitgeteilt wird und wenn hierdurch der Wagbalken um 15° von seiner ursprünglichen Ruhelage abgelenkt wird, und wenn man schliesslich noch berücksichtigt, dass in diesem Fall nach der Erkl. 859 für die Länge des Bogens, der dem Centriewinkel von 15° entspricht, $2r\pi \cdot \frac{15}{360}$ gesetzt werden kann, und dass der somit in Längeneinheiten ausgedrückte Bogen gleich der Entfernung der beiden Kugeln ist:

a). . . . $p = \dfrac{\frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2}}{\left(2r\pi \cdot \frac{15}{360}\right)^2}$

Da nun infolge der Ablenkung des Wagbalkens um 15° von seiner ursprünglichen Lage der Aufhängedraht um 15° tordiert wurde, so hat man für die Torsionskraft T, welche jener elektrischen Abstossung in der abgelenkten Lage des Wagbalkens das Gleichgewicht hält, wenn man die Torsionskraft bei 1° Torsion mit t bezeichnet:

b). . . . $T = 15 . t$

Da sich ferner die Kräfte p und T das Gleichgewicht halten, so besteht für jene erste Abstossung die Beziehung:

$$1). \quad . \quad . \quad . \quad \frac{\frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2}}{\left(2 r \pi \cdot \frac{15}{360}\right)^2} = 15 \,.\, t$$

In analoger Weise erhält man für die abstossende Kraft p_1, wenn den gleichen Kugeln bei ihrer Berührung die Elektricitätsmenge von x jener Einheiten, also jeder der beiden Kugeln die Elektricitätsmenge von $\frac{x}{2}$ jener Einheiten mitgeteilt wird und wenn hierdurch der Wagbalken um 12° von seiner ursprünglichen Ruhelage abgelenkt wird:

$$c). \quad . \quad . \quad . \quad p_1 = \frac{\frac{x}{2} \cdot \frac{x}{2}}{\left(2 r \pi \cdot \frac{12}{360}\right)^2}$$

und für die dieser abstossenden elektrischen Kraft das Gleichgewicht haltenden Torsionskraft T_1:

$$d). \quad . \quad . \quad . \quad T_1 = 12 \,.\, t$$

Hiernach besteht, analog wie vorhin, die weitere Beziehung:

$$2). \quad . \quad . \quad . \quad \frac{\frac{x}{2} \cdot \frac{x}{2}}{\left(2 r \pi \cdot \frac{12}{360}\right)^2} = 12 \,.\, t$$

Durch Division der Gleichung 2). durch die Gleichung 1). erhält man hiernach:

$$\frac{\frac{x^2}{4}}{\left(2 r \pi \cdot \frac{12}{360}\right)^2} \cdot \frac{\left(2 r \pi \cdot \frac{15}{360}\right)^2}{\frac{100^2}{4}} = \frac{12 \,.\, t}{15 \,.\, t}$$

oder:

$$\frac{\frac{x^2}{4}}{12^2} \cdot \frac{15^2}{\frac{100^2}{4}} = \frac{12}{15}$$

$$\frac{x^2}{4 \,.\, 12^2} \cdot \frac{4 \,.\, 15^2}{100^2} = \frac{4}{5}$$

$$\left(\frac{15 x}{12 \,.\, 100}\right)^2 = \frac{4}{5}$$

$$\frac{5 x}{4 \,.\, 100} = \sqrt{\frac{4}{5}}$$

$$\frac{x}{80} = \sqrt{0{,}8}\,; \quad x = 80 \sqrt{0{,}8}$$

Da nun:

$$\log x = \log 80 + \tfrac{1}{2} \log 0{,}8$$

und:

$$\begin{aligned} \log 0{,}8 &= \overset{+1}{0{,}9030900} \overset{-1}{-\,1} \\ & \qquad\qquad \cdot \tfrac{1}{2} \\ \hline & \quad 0{,}9515450 - 1 \\ +\log 80 &= 1{,}9030900 \\ \hline & \quad 2{,}8546350 - 1 \end{aligned}$$

Erkl. 859. Ein planimetrischer Lehrsatz heisst: „Der Umfang $2 r \pi$ eines Kreises, dessen Radius $= r$ ist, verhält sich zu der Länge b, eines Bogens desselben, der zu dem Centriewinkel von α^0 gehört, wie der zu dem Umfang gehörige Centriewinkel von 360° zu jenem Centriewinkel von α^0,“ in Zeichen:

$$2 r \pi : b = 360^0 : \alpha^0$$

und hieraus erhält man für die Länge b jenes Bogens in Längeneinheiten des zugehörigen Radius ausgedrückt:

$$b = 2 r \pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

oder:

$$\log x = 1,8546350$$
$$6339$$

mithin:

$$x = 71,554$$

ist, so ist hiernach die gesuchte Elektricitätsmenge $x = 71,55$ jener gedachten Einheiten.

Aufgabe 5. In der durch die Figur 269 dargestellten Coulombschen Drehwage sei der Wagbalken *ns*, dessen halbe Länge = 10 cm misst, so gestellt, dass die Kugel *s* die ihr gleichen Standkugel *g* gerade berührt und dass der Aufhängedraht ohne Torsion ist. Dann werde den sich berührenden Kugeln *g* und *s* eine solche Elektricitätsmenge mitgeteilt, dass nach der erfolgenden Abstossung eine Torsion des Aufhängedrahts um 6° nötig ist, um den beiden Kugeln einen Bogenabstand von 10° zu geben. Wie gross ist hiernach die der Standkugel *g* oder der ihr gleichen beweglichen Kugel *s* mitgeteilte Elektricitätsmenge, und zwar in absoluten Einheiten ausgedrückt, wenn man weiss, dass bei 1° Torsion des Aufhängedrahts das Drehungsmoment der Torsionskraft gleich dem Drehungsmoment von 100000 absoluten Krafteinheiten ist, die man sich am Hebelarm von 1 mm wirkend zu denken hat?

Auflösung. Bezeichnet man allgemein mit α (= 10°) den Winkelabstand der Kugeln *s* und *g* nach der Torsion des Aufhängedrahts, mit δ (= 6°) die hierzu nötige Torsion des Aufhängedrahts, also die ganze Torsion des Aufhängedrahts mit $(\alpha^0 + \delta^0)$; bezeichnet man ferner die jeder der gleichen Kugeln mitgeteilte Elektricitätsmenge mit *e*, mit *T* das bekannte Drehungsmoment des Aufhängedrahts, welches einer Torsion von 1° des Aufhängedrahts entspricht und welches = 100000 absoluten Krafteinheiten am Hebelarm von 1 mm wirkend ist, mit *L* (= 10 cm = 100 mm) die in mm ausgedrückte halbe Länge des Wagbalkens, so besteht analog der in der Auflösung der Aufgabe 247 entwickelten Gleichung 1). die Relation:

$$1). \quad e = \sqrt{4L \cdot T \cdot (\delta + \alpha) \sin\frac{\alpha}{2} \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}$$

Setzt man in dieser Gleichung die in der Aufgabe gegebenen Zahlenwerte, nämlich für die halbe Länge *L* des Wagbalkens = 10 cm, bezw. = 100 mm, für das Drehungsmoment *T* der Torsionskraft des Aufhängedrahts bei 1° der Torsion = 100000, für den Winkel α, um welchen der Wagbalken nach der elektrischen Abstossung infolge der Torsion des Aufhängedrahts von seiner ursprünglichen Lage abgelenkt wird, = 10°, für die ganze Torsion $(\delta + \alpha)^0$ des Aufhängedrahts $(6^0 + 10^0)$ oder = 16°, so erhält man:

$$e = \sqrt{4 \cdot 100 \cdot 100000 \cdot 16 \cdot \sin\frac{10^0}{2} \operatorname{tg}\frac{10^0}{2}}$$

oder:

$$e = 2 \cdot 10 \cdot 100 \sqrt{10 \cdot 16 \cdot \sin 5^0 \cdot \operatorname{tg} 5^0}$$

$$e = 2000 \sqrt{160 \cdot \sin 5^0 \cdot \operatorname{tg} 5^0}$$

$$e = 2000 \cdot 1,1045$$ (siehe nebenstehende Hülfsrechn.)

mithin:

$$e = 2209$$

Hülfsrechnung:

$$\log \sqrt{160 \cdot \sin 5^0 \cdot \operatorname{tg} 50^0} = \frac{1}{2}\left(\log 160 + \log \sin 5^0 + \log \operatorname{tg} 5^0\right)$$

Nun ist:

$$\begin{aligned} \log 160 &= 2,2041200 \\ + \log \sin 5^0 &= 8,9402960 - 10 \\ + \log \operatorname{tg} 5^0 &= 8,9419518 - 10 \\ \hline & 20,0863678 - 20 \\ \text{oder} &= 0,0863678 \\ & \cdot \tfrac{1}{2} \\ \hline \log \sqrt{160 \cdot \sin 5^0 \cdot \operatorname{tg} 5^0} &= 0,0431839 \\ & 1657 \end{aligned}$$

mithin erhält man:

$$\sqrt{160 \cdot \sin 5^0 \operatorname{tg} 5^0} = 1,1045$$

Um also nach erfolgter Abstossung der sich berührenden Kugeln durch Torsion des Aufhängedrahts um 6^0 dem Wagbalken ns einen Winkelabstand von 10^0 geben zu können, müsste man jeder der Kugeln s und g die Elektricitätsmenge von 2209 absoluten Einheiten geben, d. h., man muss jeder der Kugeln eine Elektricitätsmenge von 2209 solcher Einheiten geben, von welchen jede Einheit eine solche Elektricitätsmenge vorstellt, die aus der Entfernungseinheit von 1 mm auf eine ihr gleiche Elektricitätsmenge eine abstossende Kraft hervorbringt, die in der Sekunde derselben eine Beschleunigung von 1 mm erteilt.

Aufgabe 6. In der durch die Figur 269 dargestellten Coulombschen Drehwage wurde der Wagbalken ns zunächst so gestellt, dass die Entfernung der beweglichen Kugel s von der Standkugel g 16 Bogengrade betrug. Dann wurde der beweglichen Kugel s eine gewisse Elektricitätsmenge, z. B. von E irgend welchen Einheiten mitgeteilt und die Standkugel g mit einer solchen Menge gleichnamiger Elektricität geladen, die gleich jener willkürlich gewählten Einheit war. Die Folge hiervon war, dass die Kugel s weiter von der Kugel g abgestossen wurde. Um nun die Kugel s in ihre frühere Lage zurückzuführen, bedurfte es einer Drehung des Knopfs y um 120 Grad. Welche, in jene willkürlich gewählte Einheit auszudrückende Elektricitätsmenge müsste man hiernach der Standkugel g aber geben, wenn eine Drehung des Knopfs y um 420^0 erforderlich wäre, damit die Kugel s jene frühere Lage wieder einnehmen würde?

Auflösung. Bezeichnet man die Ablenkung von 16^0 des Wagbalkens ns allgemein mit α, die halbe Länge des Wagbalkens mit L und die Grösse der Abstossung der elektrischen Kräfte aus der Entfernungseinheit mit F, so hat man für das Drehungsmoment D, welches diese abstossenden Kräfte auf den Wagbalken ns ausüben, nach der in Antwort der Frage 242 aufgestellten Gleichung i).:

$$\text{a)}. \quad . \quad . \quad D = \frac{F}{4\,L \cdot \sin^2 \frac{16^0}{2}} \cdot \cos \frac{16^0}{2}$$

oder, wenn man für die abstossende Kraft F der aus der Entfernungseinheit aufeinanderwirkenden und in den Kugeln g und s angehäuften Elektricitätsmengen E und 1 nach der Erkl. 736 $= \frac{E\,.\,1}{1^2}$ oder $= E\,.\,1$ setzt:

$$\text{b)}. \quad . \quad . \quad D = \frac{E\,.\,1}{4\,L \cdot \sin^2 8^0} \cdot \cos 8^0$$

Da nun dem Wagbalken in jener abgelenkten Lage durch die Torsionskraft des Aufhängedrahts das Gleichgewicht gehalten wird, so muss jenes Drehungsmoment, welches die elektrischen Kräfte auf den Wagbalken ausüben, gleich dem Drehungsmoment T sein, welches die Torsionskraft auf den Wagbalken ns ausübt. Bezeichnet man nun die Kraft, welcher eine Torsion des Aufhängedrahts um 1^0 entspricht, mit t, so ist die Kraft, welche der Torsion des Aufhängedrahts von 120^0 entspricht $= 120\,.\,t$, mithin hat man für das Drehungsmoment T, welches diese Torsions-

kraft auf den Wagbalken ns ausübt, wenn man sich jene Torsionskraft in der Kugel s angreifend denkt und wie vorhin die halbe Länge des Wagbalkens mit L bezeichnet:

c). . . $T = 120 \,.\, t \,.\, L$

und es besteht die Gleichung:

$$1). \ . \ . \ \frac{E \,.\, 1}{4L \,.\, \sin^2 8^0} \cdot \cos 8^0 = 120 \,.\, t \,.\, L$$

Bezeichnet man nun die Elektricitätsmenge, welche der Standkugel g mitgeteilt werden muss, damit dieselbe Ablenkung von 16⁰ hergestellt wird, wenn der Aufhängedraht um 420⁰ tordiert wird, so erhält man in analoger Weise die weitere Gleichung:

$$2). \ . \ . \ \frac{E \,.\, x}{4L \,.\, \sin^2 8^0} \cdot \cos 8^0 = 420 \,.\, t \,.\, L$$

Aus den Gleichungen 1). und 2). erhält man durch Division:

$$\frac{E \,.\, 1 \,.\, \cos 8^0}{4L \,.\, \sin^2 8^0} \cdot \frac{4L \,.\, \sin^2 8^0}{E \,.\, x \,.\, \cos 8^0} = \frac{120 \,.\, t \,.\, L}{420 \,.\, t \,.\, L}$$

oder:

$$\frac{1}{x} = \frac{120}{420}$$

mithin:

$$x = \frac{420}{120}$$

oder:

$$x = 3{,}5$$

Der Standkugel g müsste also eine Elektricitätsmenge mitgeteilt werden, die gleich dem $3^1/_2$fachen jener der Standkugel g zuerst mitgeteilten Elektricitätsmenge ist und welche als willkürliche Einheit angenommen wurde.

Aufgabe 7. Einer gut isolierten, nur von Luft umgebenen Kugel wird eine Elektricitätsmenge von 10 000 irgendwelchen willkürlich gewählten Einheiten mitgeteilt; wie gross ist die auf dieser Kugel befindliche Elektricitätsmenge nach 30 Minuten, wenn der Zerstreuungskoeffizient p entsprechend dem Feuchtigkeitsgrad der die Kugel umgebenden Luft $= 0{,}04$ ist?

Auflösung. Mit Hülfe der in Antwort der Frage 251 aufgestellten Gleichung 1).:

$$Q = Q_0 \,.\, e^{-p \,.\, t}$$

erhält man, wenn man in dieser Gleichung:

$$\begin{aligned} Q_0 &= 10000 \\ Q &= x \\ b &= 2{,}7182818 \ldots \\ p &= 0{,}04 \\ \text{und } t &= 30 \text{ setzt,} \end{aligned}$$

$$1). \ . \ . \ x = 10000 \,.\, 2{,}7183^{-0{,}04 \,.\, 30}$$

Diese Gleichung logarithmiert, gibt:

$$\log x = \log 10000 - 0{,}04 \,.\, 30 \,.\, \log 2{,}7183$$

oder:

$$\log x = \log 10000 - 1{,}2 \,.\, \log 2{,}7183$$

Nun ist:

$$\begin{aligned} \log 10000 &= 4{,}0000000 \\ -1{,}2 \,.\, \log 2{,}7183 &= -0{,}5211534 \text{ (s. Hülfsr.)} \\ \log x &= 3{,}4788466 \\ & \phantom{= -3{,}478}8405 \end{aligned}$$

mithin:

$$x = 3011{,}9$$

Hülfsrechnung:

$$\begin{aligned} \log 2{,}7183 = \ & 0{,}4342945 \\ & \quad .\, 1{,}2 \\ & \ 8685890 \\ & 4342945 \\ & 0{,}52115340 \end{aligned}$$

Nach 30 Minuten hatte die Kugel also nur noch die Elektricitätsmenge von 3012 jener willkürlich gewählten Einheiten. Der Elektricitätsverlust betrug also in dieser Zeit

$$10000 - 3012 \text{ oder } = 6988$$

jener Einheiten.

Aufgabe 8. Wenn man als Einheit der elektrischen Dichte diejenige annimmt, welche die Elektricitätsmenge 1 auf der Flächeneinheit besitzt, wie gross ist die Dichte der Elektricitätsmenge 6, die auf einer Fläche 3 verteilt ist?

Auflösung. Ordnet sich die Elektricitätsmenge von 6 Einheiten auf einer Fläche von 3 Flächeneinheiten überall in gleicher Dichte an, so kommt auf die Flächeneinheit eine Elektricitätsmenge von $\frac{6}{3}$ jener Einheiten. Da sich nun nach der in Antwort der Frage 254 aufgestellten Gleichung c). die elektrischen Dichtigkeiten wie die an den betreffenden Stellen angesammelten Elektricitätsmengen verhalten, so hat man, wenn man die Dichtigkeit auf der Flächeneinheit, welche die Elektricitätsmenge $\frac{6}{3}$ enthält, mit x bezeichnet, und wenn man die Dichtigkeit auf der Flächeneinheit, welche die Einheit der Elektricitätsmenge enthält, gleich 1 setzt, die Proportion:

$$x : 1 = \frac{6}{3} : 1$$

und hieraus erhält man:

$$x = \frac{6}{3} \text{ oder } x = 2$$

Die Dichte auf der Fläche 3, welche die Elektricitätsmenge 6 enthält, ist also $= 2$ jener Dichtigkeitseinheiten.

Aufgabe 9. Wie verhalten sich die Spannungen der auf zwei Kugeln von 2 und 3 cm Halbmesser befindlichen Elektricitätsmengen,

a). wenn die Mengen einander gleich sind?

b). wenn sie sich zueinander wie 4 : 5 verhalten?

Auflösung. Da sich auf einer Kugel die Elektricität überall in gleicher Dichte anordnet, so erhält man nach der Erkl. 804 für die Dichte h der Kugel, mit dem Radius von 2 cm, wenn man die derselben mitgeteilten Elektricitätsmenge mit Q bezeichnet:

a). . . $h = \frac{Q}{4\pi \cdot 2^2}$

und für die Dichtigkeit h_1 der zweiten Kugel mit dem Radius 3 cm, welche ebenfalls die Elektricitätsmenge Q enthält

b). . . $h_1 = \frac{Q}{4\pi \cdot 3^2}$

Durch Division der Gleichungen a). und b). erhält man für das gesuchte Verhältnis der Dichten:

$$h : h_1 = 3^2 : 2^2$$

oder:

A). . . $h : h_1 = 9 : 4$

Wird der Kugel, deren Radius 2 cm ist, die Elektricitätsmenge Q und der Kugel, deren Radius 3 cm ist, die Elektricitätsmenge Q_1 mitgeteilt, so erhält man in analoger Weise für die Dichtigkeiten h_2 und h_3 dieser Kugeln:

c). . . $h_2 = \frac{Q}{4\pi \cdot 2^2}$

d). . . $h_3 = \frac{Q_1}{4\pi \cdot 3^2}$

und hieraus erhält man durch Division:

$$\frac{h_2}{h_3} = \frac{Q \cdot 9}{4 \cdot Q_1}$$

Ist nun das Verhältnis der Elektricitätsmengen Q und $Q_1 = 4 : 5$, so erhält man hiernach für das zweite der gesuchten Verhältnisse:

$$h_2 : h_3 = 4 \cdot 9 : 4 \cdot 5$$

oder:

B). . . $h_2 : h_3 = 9 : 5$

Aufgabe 10. Auf einer Kugelfläche A von 48 qcm befinde sich positive Elektricität von der Dichtigkeit 3, auf einer andern Kugelfläche B von 8 qcm negative Elektricität von der Dichtigkeit 4; welche Dichtigkeit wird nach gegenseitiger Berührung der Flächen auf beiden stattfinden?

Auflösung. Nach der in voriger Auflösung aufgestellten Gleichung a). besteht zwischen der elektrischen Dichtigkeit h, der Kugelfläche A, der ihr mitgeteilten Elektricitätsmenge Q und der Oberfläche O der Kugel, die Relation:

$$h = \frac{Q}{O}$$

Setzt man in derselben $h = 3$ und $O = 48$, so erhält man für die Elektricitätsmenge Q, welche diese Kugel A enthält:

a). $Q = 3 \cdot 48$

In analoger Weise erhält man für die auf der Kugelfläche B befindliche Elektricitätsmenge Q_1:

b). $Q_1 = 4 \cdot 8$

Nach der Berührung beider Kugeln wird die Menge $4 \cdot 8$ der negativen Elektricität, welche sich auf der Kugel B befindet, von einer gleichen Menge positiver Elektricität der Kugel A neutralisiert und es verbleibt somit auf den beiden sich berührenden Kugeln eine Gesamtmenge freier Elektricität von $(3 \cdot 48 - 4 \cdot 8)$ der gedachten Einheiten und diese Elektricitätsmenge ist gleichmässig verteilt über einer Fläche, die gleich der Summe der Oberflächen der sich berührenden Kugeln, also $= 48 + 8$ ist, auf die Flächeneinheit kommt sonach eine Elektricitätsmenge von $\frac{3 \cdot 48 - 4 \cdot 8}{48 + 8}$ oder von 2 jener Einheiten und dies ist die gesuchte elektrische Dichte nach der Berührung beider Kugeln.

Aufgabe 11. Wenn ein metallisches Rotationsellipsoid, dessen eine Achse 10mal so lang ist als die andre, mit Elektricität geladen ist, wievielmal ist die elektrische Spannung an der stärksten Krümmung grösser, als an der schwächsten?

Auflösung. Nach der Erkl. 802 verhalten sich die elektrischen Spannungen an den einzelnen Stellen eines elektrischen Körpers wie die Quadrate der elektrischen Dichten an diesen Stellen.

Bezeichnet man also die elektrische Spannung an den Endpunkten der kleineren Achse mit s, die gesuchte elektrische Spannung an den Endpunkten der grösseren Achse, das sind die Stellen, an welchen die Krümmung der Oberfläche des Ellipsoids am stärksten ist, mit x, die diesen Punkten entsprechenden elektrischen Dichten bezw. mit d und d_1, so besteht hiernach die Relation:

1). . . . $s : x = d^2 : d_1^2$

Da nun nach dem in der Erkl. 805 angeführten Satz 1). die elektrischen Dichten an den Endpunkten der Achsen eines Ellipsoids proportional den Längen dieser Achsen sind, so hat man, wenn man die Länge der kleineren Achse mit l, also der Aufgabe gemäss die Länge der grösseren Achse mit $10 . l$ bezeichnet, die weitere Relation:

2). . . . $d : d_1 = l : 10 . l$

Aus den Gleichungen 1). und 2). ergibt sich:

$$s : x = l^2 : 100 . l^2$$

oder:

$$s : x = 1 : 100$$

mithin:

A). . . . $x = 100 . s$

d. h.: Die elektrische Spannung ist an den Endpunkten der grösseren Achse, bezw. an den Stellen der stärksten Krümmung 100mal grösser als an den Endpunkten der kleineren Achse, bezw. als an den Stellen der schwächsten Krümmung.

Aufgabe 12. Einem dreiachsigen Ellipsoid, dessen Achsen a, b und c bezw. $=$ 10 mm, 20 mm und 100 mm sind, sei die Elektricitätsmenge von 251328 irgend welchen Einheiten mitgeteilt; wie gross ist die Dichtigkeit der Elektricität, welche sich an den Endpunkten der drei Achsen des Ellipsoids ansammelt?

Auflösung. Nach der in der Erkl. 805 angeführten Formel hat man für die Dichtigkeit h eines beliebigen Punktes der Oberfläche des Ellipsoids, dessen Koordinaten x, y und z sind, die Relation:

a). . $h = \frac{Q}{4\pi abc} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} + \frac{z^2}{c^4}}}$

Da sich nun aus der Figur 271 ergibt, dass z. B. die Koordinaten des Endpunktes A der x Achse:

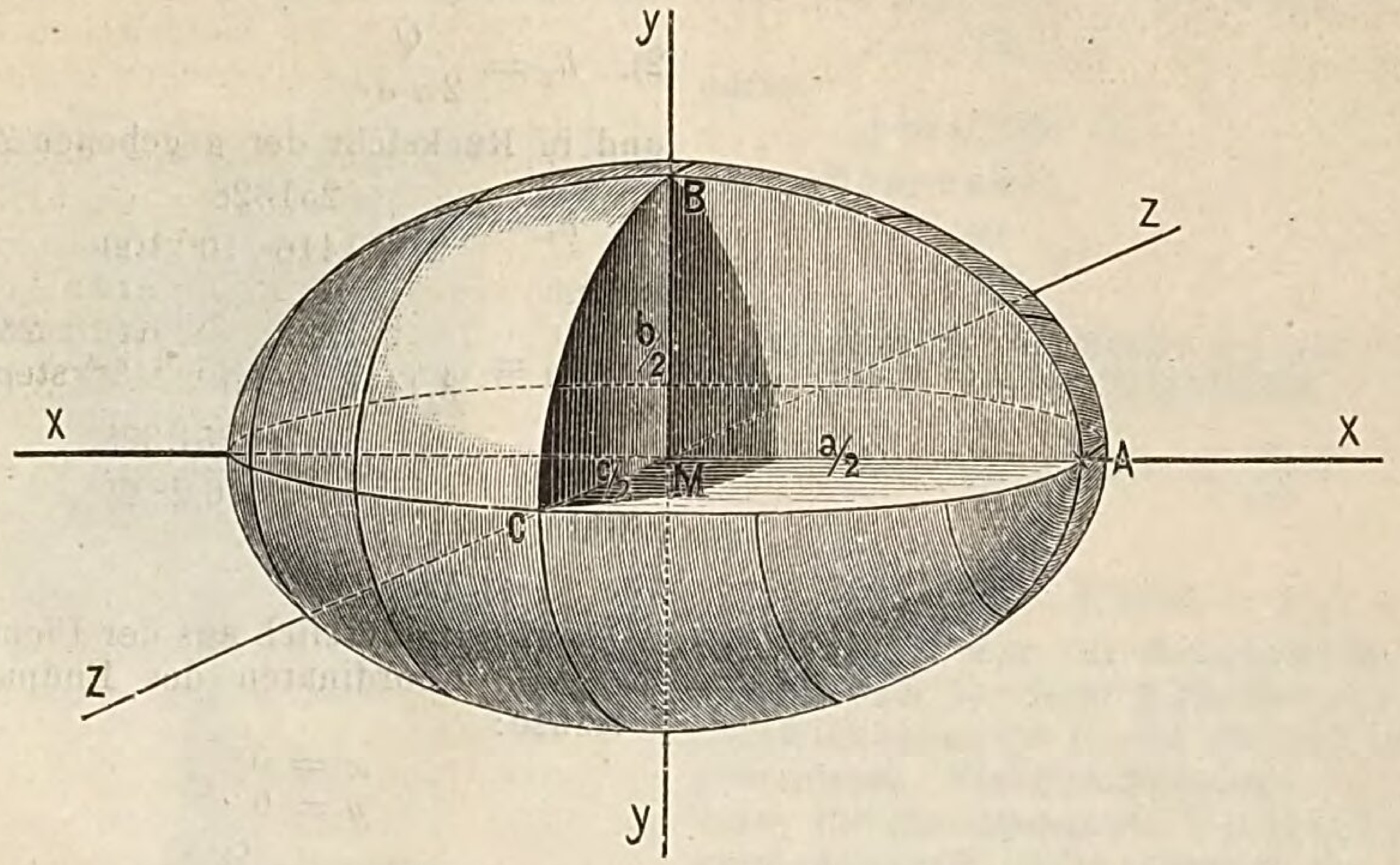
$$x = MA = \frac{a}{2}$$

$$y = 0$$

$$\text{und } z = 0$$

sind, so erhält man für die Dichtigkeit h am Punkt A, nach vorstehender Gleichung a).:

Figur 271.



$$h = \frac{Q}{4\pi\, a b c} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{a^4} + 0 + 0}}$$

oder:

$$h = \frac{Q}{4\pi\, a b c} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{a^2}{4\, a^4}}}$$

$$h = \frac{Q}{4\pi\, a b c} \cdot \frac{1}{\frac{a}{2 a^2}}$$

$$h = \frac{Q}{4\pi\, a b c} \cdot \frac{2 a^2}{a}$$

mithin:

1). $h = \frac{Q}{2\pi\, b c}$

und in Rücksicht der gegebenen Zahlenwerte:

$$h = \frac{251328}{2 \,.\, 3{,}1416 \,.\, 20 \,.\, 100}$$

oder:

$$h = \frac{251328}{3{,}1416 \,.\, 4000}$$

$$h = \frac{251{,}328}{12{,}5664}$$

mithin:

A). $h = 20$

Da sich ferner aus der Figur 271 ergibt, dass die Koordinaten des Endpunktes B der y Achse:

$$x = 0$$

$$y = MB = \frac{b}{2}$$

und $z = 0$

sind, so erhält man für die Dichtigkeit h_1 am Punkt B nach vorstehender Gleichung a).:

$$h_1 = \frac{Q}{4\pi\, abc} \cdot \frac{1}{\sqrt{0 + \frac{\left(\frac{b}{2}\right)^2}{b^4} + 0}}$$

oder analog wie vorher:

2). $h_1 = \frac{Q}{2\pi\, ac}$

und in Rücksicht der gegebenen Zahlenwerte:

$$h_1 = \frac{251328}{2 \,.\, 3{,}1416 \,.\, 10 \,.\, 100}$$

oder:

$$h_1 = \frac{251328}{3{,}1416 \,.\, 2000}; \; h_1 = \frac{251{,}328}{3{,}1416 \,.\, 2};$$

$$h_1 = \frac{251{,}328}{6{,}2832}$$

mithin:

B). $h_1 = 40$

Da sich schliesslich aus der Figur 271 ergibt, dass die Koordinaten des Endpunktes C der z Achse:

$$x = 0$$
$$y = 0$$
$$\text{und } z = \frac{c}{2}$$

sind, so erhält man, in analoger Weise wie vorhin, für die Dichtigkeit h_2 in dem Punkt C:

$$h_2 = \frac{Q}{2\pi\, ab}$$

und in Rücksicht der gegebenen Zahlenwerte:

$$h_2 = \frac{251328}{2 \,.\, 3{,}1416 \,.\, 10 \,.\, 20}$$

oder:

$$h_2 = \frac{251328}{3{,}1416 \,.\, 400}; \; h_2 = \frac{2513{,}28}{3{,}1416 \,.\, 4};$$

$$h_2 = \frac{2513{,}28}{12{,}5664}$$

mithin:

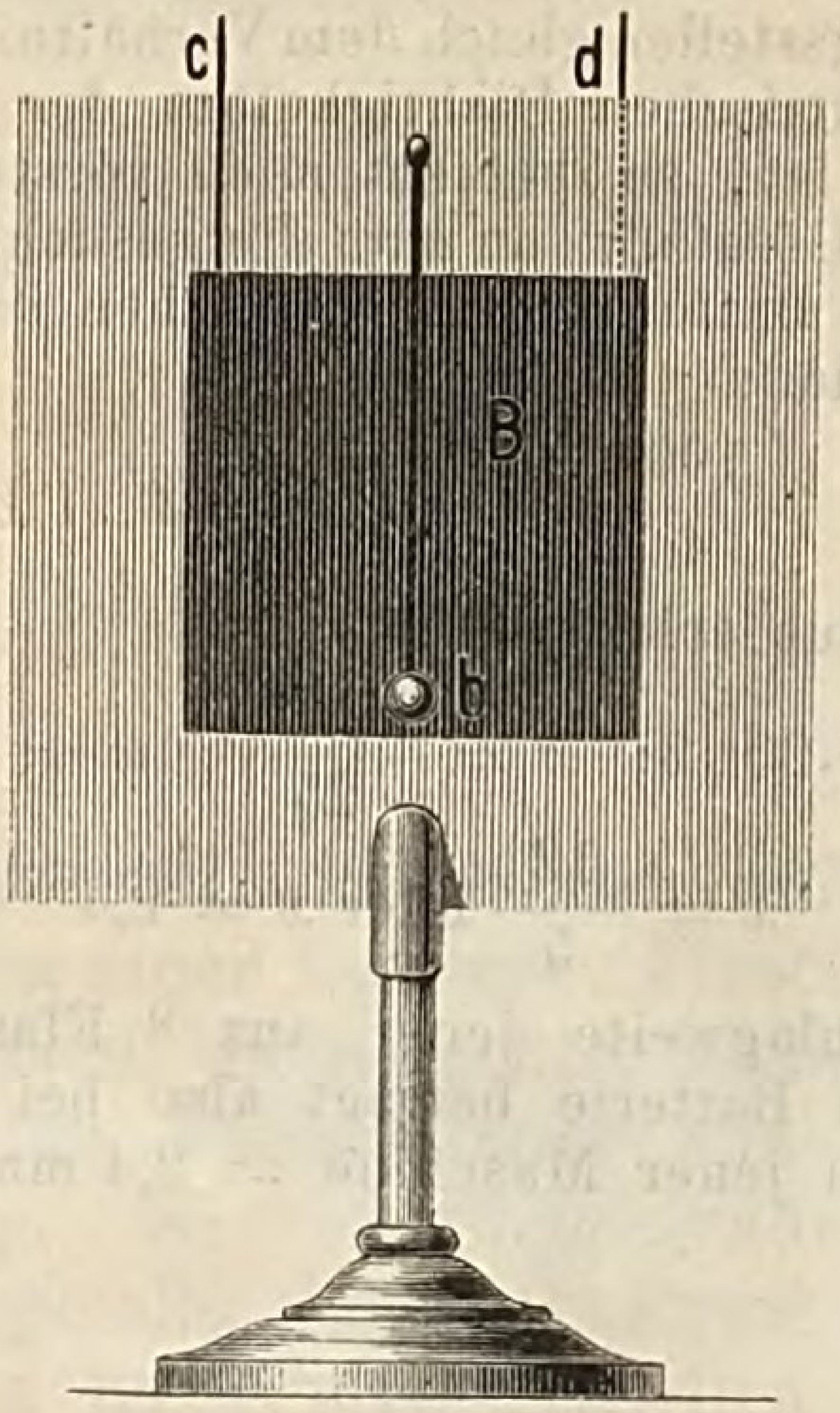
c). $h_2 = 200$

Aufgabe 13. Die eine Seite A einer Franklinischen Tafel sei mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine, die andre Seite B der Tafel mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt. Wenn nun der Seite A die Elektricitätsmenge E zugeführt ist und wenn die von der Beschaffenheit der isolierenden Glasplatte abhängige sogenannte Bindungszahl $k = 0{,}99$ ist, welcher Teil jener Elektricitätsmenge E wird alsdann von der auf der andern Seite B erregten Influenzelektricität der 1ten Art gebunden? Wie gross ist ferner die Kondensationskraft der Tafel, d. i. das Verhältnis der gesamten Elektricitäts-

Auflösung. Ist E die Elektricitätsmenge, welche der Kollektorplatte eines Ansammlungsapparats, bezw. jener Seite A der Franklinischen Tafel zugeführt wurde, und ist k die Bindungszahl des betreffenden Apparats, so ist nach der Antwort der Frage 259 die auf der Kondensatorplatte, bezw. auf der Seite B jener Franklinischen Tafel, hierdurch gebundene Influenzelektricität der 1ten Art $= k \,.\, E$ und die durch diese Elektricitätsmenge kE

menge E zur freien Elektricitätsmenge e auf der Seite A?

Figur 272.



rückwärts gebundene Elektricität auf der Kollektorscheibe, bezw. auf der Seite A der Franklinischen Tafel, $= k \cdot kE$ oder $= k^2 \cdot E$

Für diese in der Aufgabe gesuchte gebundene Elektricität x hat man also in Rücksicht der gegebenen Zahlenwerte:

$$x = 0{,}99^2 \cdot E$$

oder:

$$x = 0{,}9801 \cdot E$$

oder abgerundet:

$$\text{A).} \quad \alpha = \frac{49}{50} \cdot E$$

Da hiernach die Menge der auf der Seite A befindlichen freien Elektricität =

$$E - \frac{49}{50} E \text{ oder } = \frac{1}{50} E$$

oder auch =

$$E - 0{,}99^2 \cdot E \text{ oder } = E(1 - 0{,}99^2)$$

ist, so erhält man für das gesuchte Verhältnis zwischen der der Seite A überhaupt zugeführten Elektricitätsmenge E und der auf dieser Seite gebundenen Elektricitätsmenge $E\,(1 - 0{,}99^2)$, bezw. für die sogenannte Verstärkungszahl jenes Apparats (siehe Antwort der Frage 259) oder dessen Kondensationskraft:

$$\frac{E}{E(1 - 0{,}99^2)} \text{ oder } = \frac{1}{1 - 0{,}99^2}$$

Aus letzterem Ausdruck ergibt sich für die Verstärkungszahl des Apparats nahezu 50, d. h., die der Seite A überhaupt zugeführte Elektricitätsmenge E ist infolge der Bindung durch die andre Seite B 50mal so gross, als die auf ihr vorhandene freie Elektricität.

Aufgabe 14. Eine Batterie von vier gleichen Leydener Flaschen wird durch 100 Umdrehungen einer Elektrisiermaschine geladen und gibt bei der Entladung eine Schlagweite von 3 mm; wie gross muss die Schlagweite einer Batterie von 8 derselben Flaschen sein, wenn dieselbe durch 160 Umdrehungen der Maschine geladen wird?

Auflösung. Nach dem in Antwort der Frage 263 aufgestellten Gesetz ist die Schlagweite der Dichtigkeit der Elektricität an der Entladungsstelle proportional.

Nimmt man nun in dem gedachten Fall die Elektricitätsmenge als Einheit an, welche sich bei einer Umdrehung der Elektrisiermaschine über die ganze Batterie gleichmässig verteilt, so verbreitet sich auf der ganzen Batterie bei 100 Umdrehungen der Maschine eine Elektricitätsmenge von 100 jener Einheiten (unter der Voraussetzung, dass die Maschine kontinuierlich wirkt). Besteht die betreffende Batterie aus 4 Flaschen, so ist die mittlere elektrische Dichtigkeit einer jeden der Flaschen nach der Erkl. 830 $= \frac{100}{4}$

Bestand die betreffende Batterie aus 8 gleichen Flaschen und betrug die Zahl der Umdrehungen der Maschine 160, so hat man, ana-

log wie vorhin, für diesen Fall für die mittlere elektrische Dichtigkeit einer der Flaschen $= \frac{160}{8}$

Da die Flaschen alle als gleich gross und von gleicher Beschaffenheit vorausgesetzt werden, da man also annehmen darf, dass das Verhältnis der elektrischen Dichtigkeiten an den Entladungsstellen gleich dem Verhältnis der mittleren elektrischen Dichtigkeiten der einzelnen Flaschen ist, so besteht nach vorstehend erwähntem Gesetz, wenn man die gesuchte Schlagweite der Batterie von 8 Flaschen $= x$ setzt, die Relation:

$$\frac{100}{4} : \frac{160}{8} = 3 : x$$

und hieraus erhält man:

$$25x = 20 . 3; \quad x = \frac{20 . 3}{25}; \quad x = \frac{4 . 3}{5}$$

$$x = \frac{12}{5} \text{ oder } x = 2{,}4$$

Die Schlagweite jener aus 8 Flaschen bestehenden Batterie beträgt also bei 160 Umdrehungen jener Maschine = 2,4 mm

Aufgabe 15. Wenn der rotierende Spiegel *Wheatstones* eine Drehung um 1^0 macht; welchen Weg durchläuft alsdann das optische Bild eines leuchtenden Punktes, der von der Achse des Spiegels um 3048 mm entfernt ist, wie es bei den Versuchen *Wheatstones* der Fall war?

Auflösung. Nach der Antwort der Frage 265 scheint das optische Bild des leuchtenden Punktes, wenn der Spiegel eine kleine Umdrehung von α^0 macht, eine Drehung von $2\alpha^0$ zu machen. Ist also die Umdrehung des Spiegels $= 1^0$, so scheint das optische Bild eines leuchtenden Punktes, welcher um 3048 mm von der Spiegelachse entfernt ist, einen Kreisbogen von 2^0 zu beschreiben, der einem Kreis angehört, dessen Radius = 3048 mm ist. Zur Berechnung der Länge x dieses Bogens, bezw. des von dem optischen Bild scheinbar durchlaufenen Wegs, hat man die Beziehung:

$$2 . 3048 . \pi : x = 360^0 : 2^0$$ (siehe Erkl. 859).

Diese Gleichung nach x aufgelöst, gibt:

$$x = \frac{4 . 3048 . \pi}{360}$$

$$x = \frac{3048 . 3{,}14}{90}; \quad x = 33{,}8 . 3{,}14$$

oder:

$$x = 106{,}13$$

Der von dem optischen Bild des leuchtenden Punktes durchlaufene Weg beträgt also, wenn der Spiegel eine Umdrehung von 1^0 macht und der leuchtende Punkt 3048 mm von dem Spiegel entfernt ist, 106 mm

Aufgabe 16. Wenn der rotierende Spiegel *Wheatstones* in 1 Sekunde 800 Umdrehungen macht und es erscheint

in dem Spiegel der in einer Entfernung von 3048 mm hervorgerufene Entladungsfunke einer Verstärkungsflasche als eine um 24° in die Länge gezogene Lichtlinie; welches ist alsdann die Dauer jenes Entladungsfunkens?

Auflösung. Setzt man in der in Antwort der Frage 266 aufgestellten Gleichung:

$$t = \frac{\alpha}{2 \,.\, n \,.\, 360}$$

$$\alpha = 24 \text{ und } n = 800$$

so erhält man für die gesuchte Dauer x jenes Entladungsfunkens:

$$x = \frac{24}{2 \,.\, 800 \,.\, 360}$$

oder:

$$x = \frac{1}{800 \,.\, 30};\ x = \frac{1}{24000}$$

Die Dauer jenes Entladungsfunkens beträgt also $\frac{1}{24000}$ Sekunde.

Aufgabe 17. *Feddersen* erhielt bei Entladung einer Leydener Flasche durch einen kurzen, metallischen Schliessungsbogen eine Funkendauer von 0,00004 Sekunden. Wieviel Bogengrade müsste das Spiegelbild dieses Funkens bei Betrachtung im Wheatstoneschen Spiegel, der 800 Umdrehungen pro Sekunde macht, zurücklegen, wenn die Entfernung des Funkens von der Spiegelachse 3048 mm betrug?

Auflösung. Setzt man in der in Antwort der Frage 266 aufgestellten Gleichung:

$$t = \frac{\alpha}{2 \,.\, n \,.\, 360^0}$$

$$t = 0{,}00004$$

$$\alpha = x$$

$$\text{und } n = 800$$

so erhält man für x die Bestimmungsgleichung:

$$0{,}00004 = \frac{x}{2 \,.\, 800 \,.\, 360}$$

Diese Gleichung nach x aufgelöst, gibt:

$$x = 1600 \,.\, 360 \,.\, 0{,}00004$$

$$x = 576000 \,.\, 0{,}00004$$

oder:

$$x = 23{,}04$$

Das Spiegelbild jenes elektrischen Funkens musste also in dem rotierenden Spiegel *Wheatstones*, wenn derselbe 800 Umdrehungen in der Sekunde machte, sich als eine Lichtlinie von 23,04° zeigen.

Aufgabe 18. Welche Depression, bezw. welche Erwärmung erhielt *Riess* mittels der Gleichung: $h = n \cdot \frac{q^2}{s}$ in seinem Luftthermometer, wenn in der Kugel desselben der Entladungsschlag einer Batterie stattfand, die aus 6 gleichen Flaschen bestand, und welche mit einer solchen Elektricitätsmenge geladen war, der 25 Funken der Massflasche entsprechen. Für den konstanten Faktor n fand *Riess* durch eine Versuchsreihe 0,88.

Auflösung. Setzt man in der in der Aufgabe angeführten Gleichung:

$$h = n \,.\, \frac{q^2}{s}$$

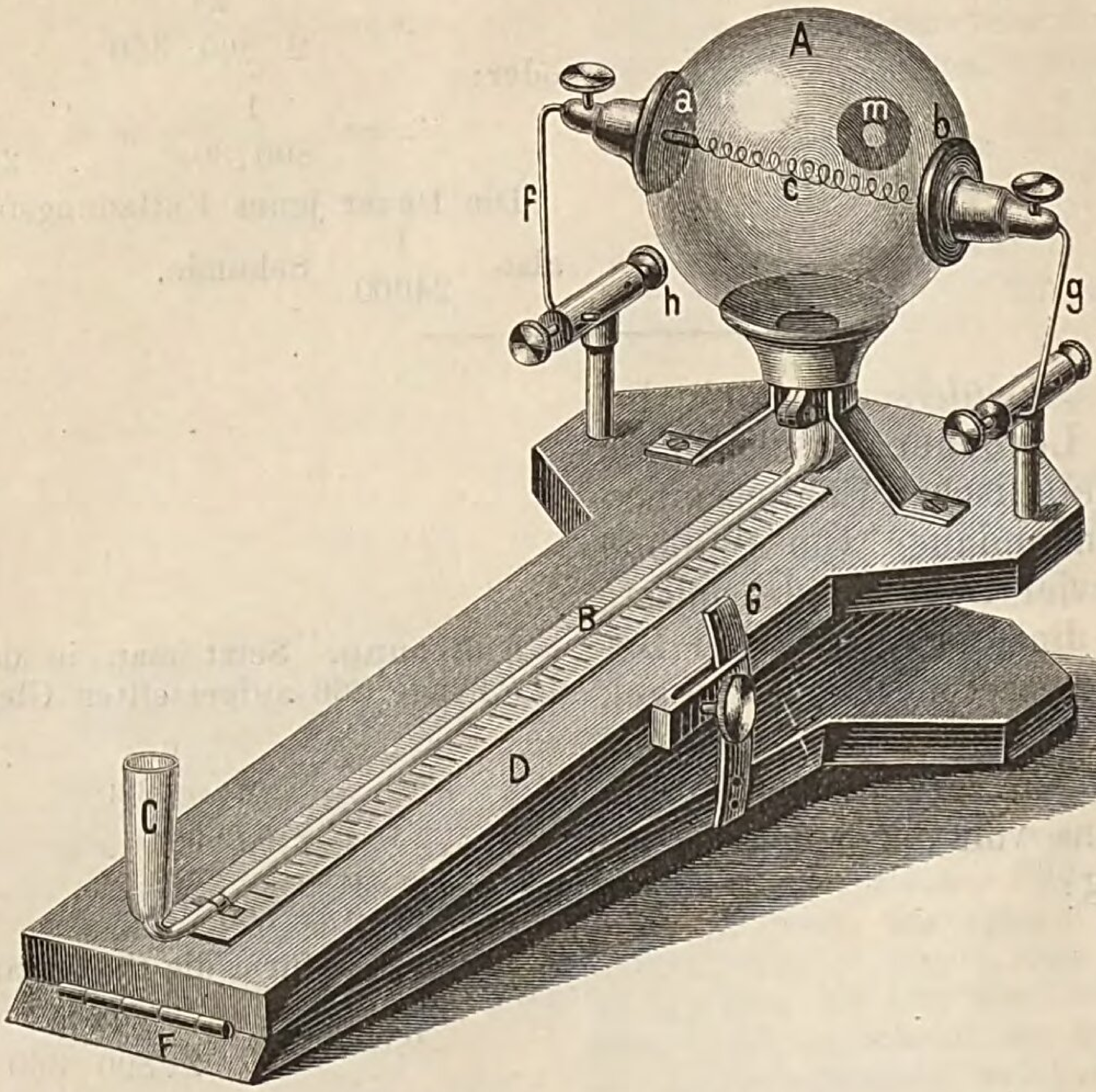
nach dem in Antwort der Frage 270 unter 4). angeführten Gesetz:

$$h = x$$
$$n = 0{,}88$$
$$q = 25$$
$$\text{und } s = 6$$

so erhält man für x die Bestimmungsgleichung:

$$x = 0{,}88 \cdot \frac{25^2}{6}$$

Figur 273.



und hieraus ergibt sich:

$$x = 0{,}1467 \,.\, 625 \text{ oder } x = 91{,}6$$

Die Depression betrug also = 91,6 mm

Nach dem in Antwort der Frage 270 unter 1). angeführten Gesetz ist die Erwärmung in der Kugel proportional dieser Depression.

Aufgabe 19. Wenn in der Kugel des Riessschen Luftthermometers der Entladungsschlag einer Batterie stattfindet, die aus 6 gleichen Flaschen besteht und mit einer Elektricitätsmenge geladen ist, der 25 Funken der Massflasche entsprechen, und man erhält, den konstanten Faktor n nach *Riess* = 0,88 gesetzt, für die Depression in dem Luftthermometer den Wert 91,6 mm; mit welcher Elektricitätsmenge muss alsdann eine Batterie geladen werden, die aus 3 jenen gleichen Flaschen besteht, wenn man dieselbe Depression erzielen will?

Auflösung. Setzt man in der in voriger Aufgabe angeführten Gleichung:

$$h = n \cdot \frac{q^2}{s}$$
$$h = 91{,}6$$
$$n = 0{,}88$$
$$s = 3$$
$$\text{und } q = x$$

Hülfsrechnung:

$$\log x = \frac{1}{2}\left(\log 3 + \log 91{,}6 - \log 0{,}88\right)$$

Nun ist:

$$\begin{aligned} \log 3 &= 0{,}4771213 \\ +\log 91{,}6 &= 1{,}9618955 \\ &\overline{\quad 2{,}4390168} \\ -\log 0{,}88 &= \pm 0{,}9444827 \mp 1 \\ &\overline{\quad 1{,}4945341 + 1} \\ \text{oder} &= 2{,}4945341 \\ &\quad \cdot \frac{1}{2} \\ \log x &= \overline{1{,}2472670} \\ &\quad 2611 \end{aligned}$$

mithin:

$$x = 17{,}671$$

so erhält man für x die Bestimmungsgleichung:

$$91{,}6 = 0{,}88 \cdot \frac{x^2}{3}$$

und hieraus ergibt sich der Reihe nach:

$$x^2 = \frac{3 \,.\, 91{,}6}{0{,}88}$$

$$x = \sqrt{\frac{3 \,.\, 91{,}6}{0{,}88}}$$

oder nach nebenstehender Hülfsrechnung:

$$x = 17{,}7$$

Die gesuchte Depression beträgt also 17,7 mm

Aufgabe 20. Ist die einer Verstärkungsflasche mitgeteilte Elektricitätsmenge, welche dieselbe überhaupt zu fassen vermag $= Q$ irgend welchen Einheiten, und ist h die Depression, welche das Riesssche Luftthermometer zeigt, wenn die Entladung dieser Flasche innerhalb der Kugel desselben stattfindet und der konstante Faktor $n = 0{,}88$ angenommen wird; wie gross ist alsdann die Depression, welche das Luftthermometer zeigt, wenn eine Batterie innerhalb desselben entladen wird, welche aus zwei jenen gleichen und gleich stark geladenen Flaschen besteht?

Erkl. 860. Nach nebenstehender Auflösung erhält man:

1). Für die Depression h_1 bei Benutzung von einer Flasche, welche bis zur Ladungsgrenze mit der Elektricitätsmenge Q geladen ist:

a). . . $h_1 = n \cdot \frac{Q^2}{1}$

2). Für die Depression h_2 bei Benutzung von zwei derselben Flaschen, welche bis zur Ladungsgrenze mit der Elektricitätsmenge $2\,Q$ geladen sind:

$$h_2 = n \cdot \frac{(2\,Q)^2}{2}$$

oder:

b). . . $h_2 = n \cdot \frac{4\,Q^2}{2}$

3). Für die Depression h_3 bei Benutzung von drei derselben Flaschen, welche bis zur Ladungsgrenze mit der Elektricitätsmenge $3\,Q$ geladen sind:

$$h_3 = n \,.\, \frac{(3\,Q)^2}{3}$$

oder:

c). . . $h_3 = n \,.\, \frac{9\,Q^2}{3}$

u. s. f. schliesslich:

Auflösung. Berücksichtigt man, dass wenn eine Verstärkungsflasche bis zu ihrer Ladungsgrenze geladen wird und alsdann die Elektricitätsmenge Q enthält, eine Batterie, welche also aus p jener gleichen Flaschen besteht, die Elektricitätsmenge $p \,.\, Q$ aufnimmt, wenn dieselbe ebenfalls bis zu ihrer Ladungsgrenze geladen wird, so erhält man mittels der in Auflösung der Aufgabe 18 erwähnten Gleichung:

$$h = n \cdot \frac{q^2}{s}$$

wenn man in derselben, gemäss der Aufgabe:

$$h = x$$
$$n = 0{,}88$$
$$q = 2\,Q$$
$$\text{und } s = 2$$

setzt, für die gesuchte Depression x:

$$x = 0{,}88 \cdot \frac{(2\,Q)^2}{2}$$

oder:

$$x = 0{,}88 \cdot \frac{4\,Q^2}{2}$$

mithin:

$$x = 1{,}76 \,.\, Q^2$$

4). Für die Depression h_n bei Benutzung von p derselben Flaschen, welche bis zur Ladungsgrenze mit der Elektricitätsmenge $p \,.\, Q$ geladen sind:

$$h_n = n \cdot \frac{(p \,.\, Q)^2}{p}$$

oder:

d). . . $$h_n = n \cdot \frac{p^2 Q^2}{p}$$

Mittels der Gleichungen a). bis d). erhält man die Proportion:

$$h_1 : h_2 : h_3 : \ldots h_n = n \,.\, \frac{Q^2}{1} : n \,.\, \frac{4\,Q^2}{2} : n \,.\, \frac{9\,Q^2}{3} : \ldots : n \,.\, \frac{p^2 Q^2}{p}$$

oder:

$$h_1 : h_2 : h_3 : \ldots h_n = 1 : 2 : 3 : \ldots p$$

d. h.: Die Depressionen, welche die Entladungen bezw. von 1, 2, 3 ... p gleichen und je mit derselben Elektricitätsmenge Q geladenen Flaschen in dem Luftthermometer hervorbringen, sind proportional der diesbezüglichen Anzahl der Flaschen; in diesem Sinne werden also p Flaschen eine p mal stärkere Depression hervorbringen als 1 Flasche. Dieses Gesetz drückt man auch wie folgt aus:

Die Depressionen, welche caeteris paribus bezw. 1, 2, 3 ... p Flaschen in dem Luftthermometer hervorbringen, sind direkt proportional den Anzahlen der Flaschen.

b). Ungelöste Aufgaben.

Aufgabe 21. Wenn man als Einheit der Elektricitätsmenge diejenige Menge annimmt, welche auf eine ihr gleichen Menge aus der Entfernung Eins die Kraft Eins ausübt, wie gross ist die Elektricitätsmenge, welche auf die Menge von 18 aus der Entfernung von 5 jener Einheiten durch die Anziehung oder Abstossung die Kraft 16 ausübt?

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 1.

Aufgabe 22. *Coulomb* stellte in seiner Drehwage, siehe Figur 269, den Wagbalken ns so, dass der Aufhängedraht ohne Torsion war und dass die bewegliche Kugel s die Standkugel g gerade berührte. Dann teilte er der Standkugel g eine solche Elektricitätsmenge mit, dass eine Abstossung der beweglichen Kugel s von 36 Grad erfolgte; hierauf gab er durch Drehung des Knopfes y um 90° dem Wagbalken eine solche Stellung, dass er von seiner ursprünglichen Lage nur noch eine Ablenkung von 18° zeigte. Welches ist die Grösse der elektrischen Abstossung, welches ist die Entfernung der Kugelmittelpunkte und welches ist die Grösse der elektrischen Abstossung aus der Entfernungseinheit, wenn die Länge des halben Wagbalkens $= r$ und die Torsionskraft des Aufhängedrahts bei 1° Tordierung $= p$ gesetzt wird?

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 3 und in Rücksicht, dass die ganze Torsion des Aufhängedrahts $= (90^0 + 36^0)$ oder $= 126^0$ beträgt.

Aufgabe 23. *Coulomb* stellte in seiner Drehwage, siehe Figur 269, den Wagbalken ns so, dass der Aufhängedraht ohne Torsion war und dass die bewegliche Kugel s die Standkugel g gerade berührte. Dann teilte er der Standkugel g eine solche Elektricitätsmenge mit, dass eine Abstossung der beweglichen Kugel s von 36 Grad erfolgte; hierauf gab er durch Drehung des Knopfes y um 531^0 dem Wagbalken eine solche Stellung, dass er von seiner ursprünglichen Lage nur noch um $8{,}5^0$ abgelenkt war. Welches ist die Grösse der elektrischen Abstossung, welches ist die Entfernung der Kugelmittelpunkte und welches ist die Grösse der elektrischen Abstossung aus der Entfernungseinheit, wenn die Länge des halben Wagbalkens $= r$ und die Torsionskraft des Aufhängedrahts bei 1^0 Tordierung $= p$ gesetzt wird?

Aufgabe 24. In der durch die Figur 269 dargestellten Coulombschen Drehwage wurde der Wagbalken ns so gestellt, dass der Aufhängedraht ohne Torsion ist und dass die bewegliche Kugel s die Standkugel g gerade berührt. Will man nun der Kugel s eine Ablenkung von 20^0 geben und ist hierzu eine Elektricitätsmenge von 150 irgend welchen beliebigen Einheiten erforderlich, wie gross wird alsdann die Elektricitätsmenge sein, welche man jenen in Berührung stehenden Kugeln geben muss, wenn man eine Ablenkung von 16^0 erzielen will?

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 4. Bei Lösung dieser Aufgabe darf der Vereinfachung halber die Entfernung der beiden Kugeln nach der jedesmaligen Abstossung gleich dem Bogen gesetzt werden, es darf also Sehne und Bogen vertauscht werden.

Aufgabe 25. In der durch die Figur 269 dargestellten Coulombschen Drehwage wurde der Wagbalken ns so gestellt, dass der Aufhängedraht ohne Torsion ist und dass die bewegliche Kugel s die Standkugel g gerade berührt. Will man nun der Kugel s eine Ablenkung von 25^0 geben und ist hierzu eine Elektricitätsmenge von 230 irgend welchen beliebigen Einheiten erforderlich, wie gross wird alsdann die Elektricitätsmenge sein, welche man jenen in Berührung stehenden Kugeln geben muss, wenn man eine Ablenkung von 19^0 erzielen will?

Aufgabe 26. In der durch die Figur 269 dargestellten Coulombschen Drehwage sei der Wagbalken ns, dessen halbe Länge $= 10$ cm misst, so gestellt, dass die Kugel s die ihr gleiche Standkugel g gerade berührt und dass der Aufhängedraht ohne Torsion ist. Dann werde den sich berührenden Kugeln g und s eine solche Elektricitätsmenge mitgeteilt, dass nach der erfolgenden

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 5.

Abstossung eine Torsion des Aufhängedrahts um 26° nötig ist, um den beiden Kugeln einen Bogenabstand von 10° zu geben. Wie gross ist hiernach die der Standkugel g oder der ihr gleichen beweglichen Kugel s mitgeteilte Elektricitätsmenge, und zwar in absoluten Einheiten ausgedrückt, wenn man weiss, dass bei 1° Torsion des Aufhängedrahts das Drehungsmoment der Torsionskraft gleich dem Drehungsmoment von 100 000 absoluten Krafteinheiten ist, die man sich am Hebelarm von 1 mm wirkend zu denken hat?

Aufgabe 27. In der durch die Figur 269 dargestellten Coulombschen Drehwage sei der Wagbalken ns, dessen halbe Länge = 10 cm misst, so gestellt, dass die Kugel s die ihr gleichen Standkugel g gerade berührt und dass der Aufhängedraht ohne Torsion ist. Dann werde den sich berührenden Kugeln g und s eine solche Elektricitätsmenge mitgeteilt, dass nach der erfolgenden Abstossung eine Torsion des Aufhängedrahts um 54° nötig ist, um den beiden Kugeln einen Bogenabstand von 10° zu geben. Wie gross ist hiernach die der Standkugel g oder der ihr gleichen beweglichen Kugel s mitgeteilte Elektricitätsmenge und zwar in absolute Einheiten ausgedrückt, wenn man weiss, dass bei 1° Torsion des Aufhängedrahts das Drehungsmoment der Torsionskraft gleich dem Drehungsmoment von 100 000 absoluten Krafteinheiten ist, die man sich am Hebelarm von 1 mm wirkend zu denken hat?

Aufgabe 28. In der durch die Figur 269 dargestellten Coulombschen Drehwage wurde der Wagbalken ns zunächst so gestellt, dass die Entfernung der beweglichen Kugel s von der Standkugel g 16 Bogengrade betrug. Dann wurde der beweglichen Kugel s eine gewisse Elektricitätsmenge, z. B. von E irgend welchen Einheiten mitgeteilt und die Standkugel g mit einer solchen Menge gleichnamiger Elektricität geladen, die gleich jener willkürlich gewählten Einheit war. Die Folge hiervon war, dass die Kugel s weiter von der Kugel g abgestossen wurde. Um nun die Kugel s in ihre frühere Lage zurückzuführen, bedurfte es einer Drehung des Knopfes y um 120°. Welche, in jene willkürlich gewählte Einheit ausgedrückte Elektricitätsmenge müsste man hiernach der Standkugel g aber geben, wenn eine Drehung des Knopfes y um 600° erforderlich wäre, damit die Kugel s jene frühere Lage wieder einnehmen würde?

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 6.

Aufgabe 29. In der durch die Figur 269 dargestellten Coulombschen Drehwage wurde der Wagbalken *ns* zunächst so gestellt, dass die Entfernung der beweglichen Kugel *s* von der Standkugel *g* 16 Bogengrade betrug. Dann wurde der beweglichen Kugel *s* eine gewisse Elektricitätsmenge, z. B. von *E* irgend welchen Einheiten mitgeteilt und die Standkugel *g* mit einer solchen Menge gleichnamiger Elektricität geladen, die gleich jener willkürlich gewählten Einheit war. Die Folge hiervon war, dass die Kugel *s* weiter von der Kugel *g* abgestossen wurde. Um nun die Kugel *s* in ihre frühere Lage zurückzuführen, bedurfte es einer Drehung des Knopfes *y* um 120°. Welche, in jene willkürlich gewählte Einheit ausgedrückte Elektricitätsmenge müsste man hiernach der Standkugel *g* aber geben, wenn eine Drehung des Knopfes *y* um 180° erforderlich wäre, damit die Kugel *s* jene frühere Lage wieder einnehmen würde?

Aufgabe 30. Einer gut isolierten, nur von Luft umgebenen Kugel wird eine Elektricitätsmenge von 10000 irgend welchen willkürlich gewählten Einheiten mitgeteilt; wie gross ist die auf dieser Kugel befindliche Elektricitätsmenge nach 25 Minuten, wenn der Zerstreuungskoeffizient *p* entsprechend dem Feuchtigkeitsgrad der die Kugel umgebenden Luft = 0,04 ist?

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 7.

Aufgabe 31. Einer gut isolierten, nur von Luft umgebenen Kugel wird eine Elektricitätsmenge von 250000 irgend welchen willkürlich gewählten Einheiten mitgeteilt; wie gross ist die auf dieser Kugel befindliche Elektricitätsmenge nach 45 Minuten, wenn der Zerstreuungskoeffizient *p* entsprechend dem Feuchtigkeitsgrad der die Kugel umgebenden Luft = 0,05 ist?

Aufgabe 32. Einem dreiachsigen Ellipsoid, dessen Achsen *a*, *b* und *c* bezw. = 15 mm, 20 mm und 75 mm sind, wird die Elektricitätsmenge von 3026845 irgend welchen Einheiten mitgeteilt; wie gross ist die Dichtigkeit der Elektricität, welche sich an den Endpunkten der drei Achsen des Ellipsoids ansammelt?

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 12.

Aufgabe 33. Einem dreiachsigen Ellipsoid, dessen Achsen *a*, *b* und *c* bezw. = 25 mm, 25 mm und 200 mm sind, wird die Elektricitätsmenge von 12566400 irgend welchen Einheiten mitgeteilt; wie gross ist die Dichtigkeit der Elektricität, welche sich an den Endpunkten der drei Achsen des Ellipsoids ansammelt?

Aufgabe 34. Die Kollektorplatte eines Kondensators, wie er z. B. durch die Figur 272 dargestellt ist, sei mit einer Elektricitätsquelle, die Kondensatorplatte dagegen mit dem Erdboden in leitende Verbindung gebracht, und es sei E_1 die mit Hülfe eines Probescheibchens und eines Elektrometers gefundene freie Elektricitätsmenge der Kollektorplatte. Sodann sei die Kollektorplatte ableitend berührt und dann die freie Elektricität auf der Kondensatorplatte $= E_2$ gefunden worden. In welchem Verhältnis steht alsdann die auf einer der Platten gebundene Elektricität zu der gesamten (gebundenen und freien) Elektricitätsmenge der andern Platte; oder, wie gross ist für den gegebenen Fall die Bindungszahl des Kondensators?

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 13.

Aufgabe 35. Eine Batterie von 6 gleichen Flaschen wird durch 100 Umdrehungen einer Elektrisiermaschine geladen und gibt bei der Entladung eine Schlagweite von $8^1/_2$ mm. Wie gross muss die Schlagweite einer Batterie sein, wenn dieselbe aus 3, bezw. aus 16 derselben Flaschen gebildet wird und diese Batterie durch 36, bezw. durch 225 Umdrehungen der Maschine geladen wird?

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 14.

Aufgabe 36. Eine Batterie von 10 gleichen Flaschen wird durch 90 Umdrehungen einer Elektrisiermaschine so geladen, dass dieselbe bei der Entladung eine Schlagweite von 8 mm zeigt. Wieviel Umdrehungen müssen gemacht werden, um eine Batterie, welche aus 6, bezw. aus 15 jener Flaschen besteht, so zu laden, dass die Batterie bei der Entladung eine Schlagweite von 7 mm, bezw. von 18 mm zeigt?

Aufgabe 37. Wenn der rotierende Spiegel *Wheatstones* eine Drehung um $^3/_4{}^0$ macht, welchen Weg durchläuft alsdann indessen das optische Bild eines leuchtenden Punktes, der von der Achse des Spiegels um 3048 mm entfernt ist, wie es bei den Versuchen *Wheatstones* der Fall war?

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 15.

Aufgabe 38. *Feddersen* erhielt bei Entladung einer Leydener Flasche durch einen kurzen metallischen Schliessungsbogen eine Funkendauer von 0,00007 Sekunden. Wieviel Bogengrade müsste das Spiegelbild dieses Funkens bei Betrachtung im Wheatstoneschen Spiegel, der 800 Umdrehungen per Sekunde macht, zurücklegen, wenn die Entfernung des Funkens von der Spiegelachse 3048 mm betrug?

Andeutung. Analog der gelösten Aufgabe 17.

FERD. SCHNEIDER
Buchbinderei
BAMBERG

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Kleyer, Adolph

Lehrbuch der Reibungselektricität (Friktionselektricität, statischen oder ruhenden Elektricität) erläutert durch 860 Erklärungen ... ; nebst einer Sammlung von gelösten und ungelösten Aufgaben ; zum Gebrauch an niederen und höheren Schulen, sowie zum rationellen Selbststudium ; bearbeitet nach

Stuttgart 1886

Bamberg, Staatsbibliothek -- Phys.o.97-c
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11846168-1